

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie



**VLIV ROZDÍLNÉHO VYUŽITÍ KRAJINY NA SRÁŽKO-ODTOKOVÝ
PROCES V EXPERIMENTÁLNÍCH POVODÍCH ZBYTINY**

THE INFLUENCE OF THE DIFFERENT UTILIZATION OF THE LANDSCAPE ON THE
RAINFALL-FLOW PROCESS IN THE EXPERIMENTAL DRAINAGE BASINS ZBYTINY

(Diplomová práce)

Bc. Antonín Malý

Brno 2009

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité
prameny řádně citoval.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena ve
fondu knihovny.

V Brně dne 20. srpna 2009

.....

Rád bych poděkoval RNDr. Z. Klimentovi, CSc., Mgr. J. Kadlecovi, Dr. Ing. J. Macků, RNDr. L. Juránkovi, CSc., přítelkyni, rodičům a rodině Chalupových za poskytnuté informace, rady a materiální i duševní podporu.

Vliv rozdílného využití krajiny na srážko-odtokový proces v experimentálních povodích Zbytiny

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou vlivu vegetace a umělého odvodnění na hydrologické poměry malého povodí. V práci jsou prezentovány výsledky detailního monitoringu srážko-odtokového procesu prováděného ve dvojici srovnávacích povodí v období let 2006 - 2008. Výzkumná lokalita je situována v oblasti horního povodí šumavské Blanice, jedné z významných zdrojových ploch ničivé povodně z roku 2002. I přes krátkou dobu pozorování byly identifikovány výrazné odlišnosti v hydrologickém režimu obou povodí. Hlavní nalezené rozdíly se vztahují k období zimního půlroku a období nízkých vodních stavů. Kromě obvyklých postupů byly aplikovány i dosud méně známé metody.

Klíčová slova: srážko-odtokové poměry, malé povodí, párový výzkum, vegetační pokryv, Blanice

The influence of the different utilization of the landscape on the rainfall-flow process in the experimental drainage basins Zbytiny

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the problem of the influence of vegetation and artificial flow-off on the hydrological conditions of a small-scale drainage basin. The thesis presents the results of the detailed monitoring of the rainfall-flow process, carried out in two drainage basins compared in the period between 2006 and 2008. The research location is situated in the area of the upper drainage basin of the Šumava river Blanice, one of the sources of the devastating flood of 2002. Despite a limited period of monitoring, significant differences were identified in the hydrological regimes of the two drainage basins. The main differences discovered are related to the period of the winter half-year and the period of low water. In addition to common research procedures, less well-known methods have also been applied.

Key words: rainfall-flow conditions, small-scale drainage basin, paired catchment studies, vegetation coverage, Blanice

OBSAH

1. ÚVOD	7
1.1 Cíle práce	8
1.2 Struktura práce	9
2. EXPERIMENTÁLNÍ POVODÍ JAKO NÁSTROJ PRO VÝZKUM VLIVU LESA A UMĚLÉHO ODVODNĚNÍ NA ODTOK.....	10
2.1 Význam reprezentativních a experimentálních povodí	10
2.2 Metoda párového výzkumu	10
2.3 Vliv lesa na odtok	11
2.3.1 Hydrologická funkce lesa.....	11
2.3.2 Výzkum v oblasti lesnické hydrologie	12
2.3.3 Shrnutí poznatků lesnické hydrologie	16
2.4 Vliv umělého odvodnění na odtok.....	17
3. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÝCH POVODÍ	20
3.1 Obecná charakteristika.....	20
3.2 Geologické poměry	24
3.2.1 Geologická charakteristika podhůří Šumavy	24
3.2.2 Geologická charakteristika výzkumných povodí	24
3.3 Reliéf.....	26
3.3.1 Geomorfologické poměry.....	26
3.3.2 Sklonitostní poměry	26
3.3.3 Expozice	28
3.4 Půdní poměry.....	30
3.4.1 Zastoupení půdních typů	30
3.4.2 Hydrologické vlastnosti půd.....	30
3.5 Vegetační poměry	33
3.6 Klimatické poměry	35
3.7 Umělé odvodnění	36
4. STANOVENÍ HODNOT ODTOKOVÝCH KŘIVEK (CN)	38
4.1 Metoda.....	38
4.2 Aplikace metody, výsledky	39
5. SRÁŽKOVÉ POMĚRY	41
5.1 Měrné stanice.....	41
5.2 Data.....	42
5.2.2 Absence, chyby v datech.....	43
5.2.3 Úprava nekonzistentních dat	43
5.3 Hodnocení srážkových poměrů ve stanici ČHMÚ Zbytiny (SPA) v letech 1961 – 2008.....	45
5.3.1 Hodnocení ročních srážkových úhrnů.....	45
5.3.2. Hodnocení měsíčních úhrnů srážek.....	46
5.3.3. Hodnocení denních úhrnů srážek	49
5.4 Hodnocení srážkových poměrů během monitorovaného období (květen 2006 - říjen 2008)	50
5.4.1 Hodnocení měsíčních srážkových úhrnů.....	50
5.4.2 Hodnocení denních srážkových úhrnů	52

5.5 Hodnocení vybraných srážkových epizod	55
5.5.1 Metoda, aplikace metody	55
5.5.2 Výsledky.....	55
5.6 Odvození průměrné výšky srážek v zájmových povodí.....	59
6. ODTOKOVÉ POMĚRY	60
6.1 Měrné stanice	60
6.2 Data.....	61
6.2.1 Sběr dat.....	61
6.2.2 Absence, chyby v datech	61
6.2.3 Úprava nekonzistentních dat	63
6.2.4 Výpočet průměrných hodinových a denních dat	63
6.3 Odvození měrné křivky průtoků	63
6.3.1 Hydrometrování	63
6.3.2 Hydrotechnický výpočet průtoků pomocí extrapolace střední profilové rychlosti ..	65
6.4 Hodnocení odtokových poměrů (květen 2006 - říjen 2008).....	67
6.4.1 Hodnocení hydrologické bilance	67
6.4.2 Hodnocení měsíčních odtokových poměrů	70
6.4.3 Hodnocení denních odtokových poměrů.....	72
6.4.4 Nejvýraznější odtokové situace z období (květen 2006 – říjen 2008)	77
7. HODNOCENÍ VARIABILITY PRŮTOKU METODOU PULZACÍ HYDROGRAMU	81
7.1 Metoda.....	81
7.2 Hypotéza.....	82
7.3 Aplikace metody v zájmovém povodí	82
7.4 Výsledky	83
8. ANALÝZA VYBRANÝCH SRÁŽKO-ODTOKOVÝCH EPIZOD	87
8.1 Metoda.....	87
8.2 Hypotéza.....	88
8.3 Aplikace metody	89
8.4 Výsledky	90
8.4.1 Porovnání obou povodí podle převažujících situací	90
8.4.2 Korelační analýza	96
9. DISKUZE	104
10. ZÁVĚR	111
11. LITERATURA	113
11.1 Články	113
11.2 Monografie, sborníky	115
11.3 Mapové a ostatní elektronické zdroje.....	117
Seznam obrázků	118
Seznam tabulek.....	119
Seznam příloh	120

1. ÚVOD

Krajina je pestrou mozaikou. Jsou v ní zaznamenány přírodní i společenské procesy, které měly vliv na její formování a které se promítají do jejího chování. Díky své poloze je Česká Republika velmi citlivá na hospodaření s vodou a výzkum dílčích složek hydrologického cyklu má bohatou tradici. Poptávku po nových poznatcích v posledních letech umocnila sílící diskuze o klimatických změnách, a především výskyt extrémních hydrometeorologických jevů na našem území (1997, 1998, 2002, 2003, 2006, 2009).

Dlouhá desetiletí je zkoumán vliv hospodaření v krajině na chování hydrologických systémů. V našich podmínkách se především jednalo o výzkum vlivu lesa na odtokové poměry. I přes značné úsilí a dílčí úspěchy jsou naše znalosti na tomto poli stále nedostačující. Renesance tématu, v podmínkách České republiky, nastává v 80. letech 20. století. Vlivem spalování hnědého uhlí došlo k devastaci obrovských ploch lesa v oblasti Krušných a Jizerských hor. Vodohospodářská praxe vyžadovala informace, jaké jí nemohl poskytnout panující stav vědění. Zásadní otázkou bylo, nakolik se změna vegetačního krytu projeví na hydrologickém režimu celých regionů. Ani výstavba a provoz sítě experimentálních ploch dosud neodhalil univerzálně platné závěry. Dvě katastrofální povodně na přelomu tisíciletí vedly proto k dalším otázkám.

Mezitím docházelo k dramatickému rozvoji výpočetní techniky. Ta dnes do jisté míry umožňuje modelovat přírodní procesy a tím také podniknout konkrétní kroky k ztlumení rizik z nich plynoucích. Opakovaně se však ukazuje, že k zpřesnění používaných numerických modelů je zapotřebí rozvíjet také experimentální výzkum. Jen ten nám poskytne vstupní data, na nichž jsou veškeré numerické modely závislé.

Příkladem experimentálního výzkumu v oblasti malých povodí je rozsáhlý projekt, který je od roku 2005 řešen na katedře Fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze. Projekt je uskutečňován souběžně v několika lokalitách v oblasti Šumavy a řeší široké spektrum hydrologických problémů. Tato diplomová práce zpracovává naměřená data z dvojice srovnávacích povodí „Zbytiny“ za období květen 2006 až říjen 2008 a prezentuje dosavadní výsledky výzkumu.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je přispět k poznatkům srážko-odtokového procesu malých povodí a diskutovat možný vliv hospodaření v krajině na změny v chování hydrologického systému. Práce byla řešena jako součást grantového projektu VaV MŽP ČR - SM/2/57/05 (2005-2008).

Jako zájmové území byla vybrána dvě povodí v oblasti šumavské Blanice. O výběru lokality rozhodla dvě kritéria. Důležité bylo, že zájmové území patřilo v roce 2002 k hlavním zdrojovým oblastem ničivé povodně. Druhým kritériem výběru byla skutečnost, že zájmové území prošlo v posledních třiceti letech výraznými krajinnými změnami.

V průběhu sedmdesátých a osmdesátých let 20. století zasáhly do hydrologického režimu nezalesněných povodí ve velké míře podpovrchové drenáže a během let devadesátých došlo k výrazné změně ve složení krajinného pokryvu. Vliv krajinných změn na odtokový proces pro region Šumavy zkoumali KLIMENT a MATOUŠKOVÁ (2005). Důležité pro aplikaci výsledků výzkumu je, že krajinné změny v zájmové lokalitě velmi dobře vystihují vývoj hospodaření v podhorské krajině na většině území České Republiky (BIČÍK, 2003).

V práci věnuji pozornost základním odtokovým charakteristikám dvou malých povodí a dynamice jejich odtokové odezvy na srážkové situace. Konkrétně se zaměřím na čtyři následující body. Za prvé se budu zabývat společnými rysy dvou povodí, které se liší vegetačním pokryvem. Za druhé se budu soustředit na rozdíly v hydrologických charakteristikách obou výzkumných lokalit, s důrazem na co nejvýstižnější kvantifikaci těchto rozdílů. Dále se pokusím vysvětlit, které faktory hrají v odlišném chování dvou povodí největší roli. A konečně za čtvrté vyčlením situace, pro které neplatí zjištěné obecné zákonitosti a budu se snažit najít příčiny těchto odlišností.

1.2 Struktura práce

Práce se skládá z jedenácti kapitol včetně úvodu, závěru, použitých pramenů a příloh. První část práce obsahuje kromě úvodu další dvě podkapitoly, které týkají cílů práce a její struktury.

Ve druhé kapitole se věnuji metodám a výsledkům výzkumů z naší i zahraniční literatury, které reflektují vliv lesa a umělého odvodnění na hydrologické procesy. Těmta dvěma tématům se věnuji, jelikož oba faktory výrazně ovlivňují odtokový proces zájmových povodí. Tato kapitola ukazuje nakolik je zpracované téma závažné a aktuální, poskytuje přehled rozsahu aktivit v této oblasti. Rešerše mi má pomoci nalézt vhodné metody a umožnit mé výsledky porovnat se závěry ostatních výzkumů.

Třetí kapitola seznamuje čtenáře s dvojicí výzkumných území. Uvádím jejich podrobnou fyzicko-geografickou charakteristiku. Na základě těchto údajů můžeme posoudit, v čem se dvojice povodí odlišuje nejvíce, popřípadě které faktory ovlivňují odtokový proces obou povodí přibližně stejnou měrou.

Analytická část práce je rozvržena do pěti kapitol (4. až 8. kapitola). Ve čtvrté kapitole se věnuji stanovení hodnot odtokových křivek, tzv. CN, pro obě povodí. V jednotlivých podkapitolách metodu stručně vysvětluji, vyjadřuji se k aplikaci metody na zájmové území a uvádím výsledky.

V páté kapitole hodnotím srážkové poměry obou povodí. Oddíl zahrnuje části věnované sběru, zpracování a analýze srážkoměrných údajů. Kromě konvenčních srážkových charakteristik uvádím také vlastní metodu detailní analýzy srážkových epizod.

Odtokové poměry jsou hodnoceny v kapitolách 6 a 7. V jednotlivých částech šesté kapitoly se opět vyjadřuji ke sběru, zpracování a analýze dat. V sedmé kapitole hodnotím variabilitu odtoku obou povodí pomocí doposud málo známé metody tzv. pulzací hydrogramu. V podkapitolách metodu vysvětluji, vyjadřuji se k její aplikaci v zájmových povodích a uvádím výsledky.

V osmé kapitole se zabývám detailní analýzou vybraných srážko-odtokových epizod. V jednotlivých podkapitolách nejdříve vysvětluji použitý metodický přístup, okomentuji jeho aplikaci do zájmové oblasti a uvedu výsledky.

V deváté kapitole je prostor pro shrnutí výsledků a diskuzi. Další kapitolou je závěrečná část. Po ní následuje výčet použité literatury a přílohy.

2. EXPERIMENTÁLNÍ POVODÍ JAKO NÁSTROJ PRO VÝZKUM Vlivu LESA A UMĚLÉHO ODVODNĚNÍ NA ODTOK

2.1 Význam reprezentativních a experimentálních povodí

Srážko-odtokový proces lze obecně lépe sledovat na plošně malém, z hlediska přírodních podmínek co nejvíce homogenním povodí. Tato podmínka nám umožňuje zkoumat vybraný problém bez nadměrného rizika intervence rušivých vlivů. Malá plocha zájmového území má zaručit větší detailnost a jednoznačnější interpretaci výsledků. Výzkum na malých povodích se opírá o metodu hydrologické analogie, která říká, že získané výsledky lze za určitých podmínek extrapolovat pro větší území (KŘÍŽ, 1978).

Z hlediska typologie výzkumných území hovoříme jednak o povodích reprezentativních, jednak o povodích experimentálních. Reprezentativním povodím je přírodně vyhraněné území, jež svým chováním reprezentuje všechna povodí obdobných fyzicko-geografických podmínek. Experimentální povodí připouští na svém území změny jednoho i více parametrů (lesnatost, odvodnění, aj.) a je zjišťována odezva systému na takový- přírodní či umělý „experiment“. Studie tohoto typu jsou v české i zahraniční literatuře velmi hojné. V České republice má tradici především výzkum vlivu lesa na odtok a od 70. let dvacátého století se často diskutuje též vliv umělého odvodnění na odtok. Podrobný, nicméně nekompletní přehled domácích výzkumů zpracoval MALÝ (2006). FOTTOVÁ (1992) publikovala přehled výzkumných lokalit v rámci území bývalého Československa.

2.2 Metoda párového výzkumu

V literatuře se setkáme s několika druhy přístupů. Zde budu charakterizovat pouze metodu, o kterou se opírám ve své práci. Jedná se o tzv. párový experiment. Přístup je založen na srovnání vlastností dvojice lokalit (povodí). V tomto případě je třeba monitorovat základní faktory ovlivňující hydrologické procesy pro obě povodí. Základním požadavkem je, aby byla obě povodí prostorově i fyzicko-geograficky co možná nejpodobnější. Výrazně se mají lišit pouze ve zkoumaném atributu (např. podílu lesa, podílu odvodněné plochy, atd.). Obvykle jsou vybrána sousední povodí o malé rozloze (0,1 – 10 km²). Tímto způsobem se zaručí maximální podobnost ve faktoru nejvíce ovlivňujícím odtokové poměry - srážkových poměrech. Požadavek podobnosti je zároveň úskalím celého přístupu. V reálných podmínkách

taková dvojice lokalit neexistuje. Rozdílnost výsledků nikdy není zapříčiněna pouze zkoumaným atributem. V české literatuře je tento přístup nejčastěji nazýván jako metoda srovnávacích povodí.

Modifikace výše uvedeného přístupu nastává, pokud jedno z povodí projde během monitoringu výraznou změnou přírodních či hospodářských podmínek (např. těžba lesa, umělé odvodnění, revitalizace toku, atd.). V takovém případě je zde požadavek, aby druhé povodí zůstalo beze změn. Jedná se pak o tzv. kontrolní povodí. V rámci monitoringu je třeba odlišit období kalibrační (před zásahem) a období po zásahu (po změně podmínek v povodí). Někdy se vydělují ještě přechodná období –například výchozí fáze, fáze po destabilizaci systému, fáze po stabilizaci systému.

Výzkum v této práci se dá označit za párový výzkum bez výrazného zásahu do hydrologických podmínek obou lokalit. Výzkumnou lokalitu „Zbytiny“ tvoří dvojice srovnávacích povodí Zbytinský a Tetřivčí potok.

2.3 Vliv lesa na odtok

Dvojice povodí zkoumaných v této práci se výrazně liší svými vegetačními poměry. Největší rozdíl je v relativním zastoupení lesa (lesnatosti povodí). Jelikož je lesnatost jedním z významných faktorů ovlivňujících hydrologický cyklus, věnuji následující část práce rozboru literatury na toto téma. Kapitulu jsem rozdělil na několik částí. V první části popisují všeobecné vlastnosti lesního prostředí v hydrologickém kontextu. V druhé části jmenuji konkrétní výzkumy včetně výsledků. V poslední části jsem se pokusil shrnout současné poznatky o vlivu lesa na odtok.

2.3.1 Hydrologická funkce lesa

Problematika vlivu vegetace, především lesa, na odtok malého povodí je řešena již od devatenáctého století. Lesům je často přisuzován vysoce pozitivní vliv na hospodaření s vláhou, ovlivňování odtoků vody, na tvorbu půd, či protierozní ochranu (BÍBA et. al., 2001).

NETOPIL (1981) hovoří o působení lesů na odtok prostřednictvím **intercepce**, **akumulace**, **infiltrace**, **retence** a dalších mechanismů. Část srážek zadržena na povrchu listů, větví a kmenů se odpaří a nemůže zasáhnout do hydrologického cyklu v podobě odtoku. Tuto složku hydrologického cyklu označujeme jako intercepci. Intercepce je patrná spíše pro delší

bilanční období než v rámci intenzivní srážko-odtokové epizody. Je závislá především na druhu a procentuálním zastoupení porostů v povodí.

Další snížení odtokové výšky se děje v důsledku akumulární schopnosti lesa. Složitá topologie povrchu se projevuje zvýšením drsnosti (např. kořenové systémy čnící nad zem, hrabanka, suché větve) a jeho větší retenční schopností. Nahromaděná voda v malých povrchových depresích se částečně vypaří, či se vsakuje do podzemí. Rozkladem opadu vzniká lesní humus, který zvyšuje infiltrační schopnost. Na zasakování vody do hlubších půdních vrstev působí tzv. preferenční cesty vyskytující se např. díky úhynu kořenových systémů. Hydrologická bilance lesa je dále ovlivněna větší spotřebou vody díky transpiraci dřevin. Na druhé straně zastínění povrchu, relativně vyrovnaný teplotní režim půd i vzduchu a vyšší vlhkost vzduchu v lesním prostředí se projevuje menším výparem. V jarním období les působí na zpomalení tání sněhu zastíněním. Navíc je potřeba zvážit kvalitativní i kvantitativní ukazatele stavu lesa v povodí. Kromě relativního zastoupení lesního porostu v povodí je důležitá skladba dřevin, jejich stáří, a také to, zda se jedná v daných podmínkách o vegetaci přirozenou (původní), nebo druhotnou (NETOPIL, 1981).

2.3.2 Výzkum v oblasti lesnické hydrologie

Výzkumu srážko-odtokových vztahů na malém povodí je dnes věnována velká pozornost. Podle ŠÍR et. al. (2004) bylo z hlediska potřeb předpovědi odtoku z velkého povodí dosaženo uspokojivého stupně poznání. Tyto poznatky bohužel neumožňují dostatečně kvalitní předpovědi z ploch menších než 10 km². Je to způsobeno neznalostí detailního přenosu vody v půdě a ve vegetačním krytu. Predikce vodního režimu po změně vegetace je i pro současné hydrologické modely velkým problémem.

Problematika vlivu vegetace, především lesa, na odtok malého povodí je řešena již od 19. století. První výzkumy v malých lesních povodích spadají do alpské oblasti (ENGLER, 1919), ale skutečně systematickému bádání se věnoval až VÁLEK (1962).

Válek prováděl měření od roku 1928 v dvojici povodí (cca 4 km²) v oblasti Vsetínské Bečvy. Povodí Kychová bylo z 95 % zalesněno. Druhé povodí – Zděchovku – tvořila především pole (45 %) a pastviny (40 %), kdežto lesy tvořily asi jen 5 % rozlohy povodí. Ostatní přírodní poměry se ve výzkumných lokalitách lišily jen nepatrně. Válek analyzoval období velkých vodních stavů a zjistil, že zatímco odtok je v těchto epizodách jen o málo nižší v lesním povodí, velká disproporce se objevuje u kulminačních průtoků. Nezalesněné povodí vykazuje výrazně vyšší kulminace a také prudší vzestup a pokles průtoku. Z hlediska

odtoku vod z tání sněhu vykazovalo nezalesněné povodí větší citlivost (větší kulminace, rychlejší nástup odtokové vlny, větší objem odtokové vlny) na vzestup teploty. Válek dále zjistil, že lesní povodí svou vyšší retenční schopností přispívá k tvorbě podzemních vod, tedy prodloužení doby odtoku, což se projevuje ve vyrovnávání odtoků během suchých období. Z hlediska dlouhodobé bilance vykazovalo lesnaté povodí větší hodnotu odtokové ztráty (52 % z celkových srážek), oproti povodí bezlesému (46 %). Ze statistických analýz např. vyplynulo, že hodnota kulminačního odtoku 1285 l/s/km^2 se opakuje v průměru jednou za 25 let v povodí lesnatém, zatím co v povodí bezlesém jednou za 5,5 roku. Zatímco objemy povodňových vod pětiletých a desetiletých jsou vyšší v povodí zalesněném, s narůstající dobou opakování relativně vzrůstá objem povodní v povodí bezlesém (pro povodně větší než 15-ti leté převyšuje objem povodňového odtoku na Zděchovce hodnoty naměřené v povodí Kychové).

ČERMÁK (1956) analyzoval data z povodí Kychová a Zděchovka pro období 1928 až 1951 a dospěl k závěru, že v období nízkých průtoků (konkrétně průtoky dosažené či překročené po 270 dní v roce a nižší) lesní povodí nalepšuje specifický odtok.

KREŠL (1959) zkoumal, jak se mění specifický odtok z povodí pro různé hodnoty lesnatosti (12-99 %). Výzkum prováděl v letech 1954-1956 v pěti dílčích, různě zalesněných lokalitách, v povodí Ráječského potoka (okr. Blansko). Velikost výzkumných lokalit se pohybovala mezi 10-50ti ha. Porovnáním průměrných hodnot specifického odtoku za období dvou hydrologických let získal nejednoznačné výsledky. Ve více vodném roce 1955 (roční výška srážek se blížila dvacetiletému průměru) se nárůst lesnatosti projevil poklesem specifického odtoku. V sušším hydrologickém roce 1956 rostl průměrný specifický odtok s narůstáním lesnatosti do hodnoty 50-60 %. Více zalesněná povodí pak vykazovala postupný pokles specifického odtoku. Takřka identické hodnoty dosahovalo povodí s 99% lesnatostí a povodí s lesnatostí 12 %. Jinou úlohou bylo posouzení poklesu specifického odtoku během suchého období (4. -20. 6. 1955). Nejmenší pokles byl zaznamenán v povodí s hodnotou lesnatosti 66 %, naopak nejvyšších hodnot dosahovalo povodí zcela zalesněné (pokles o 101 %) a povodí nejméně zalesněné (pokles o 100 %).

BÍBA et. al. (2001) zhodnotili dopady vegetačních změn na odtokové poměry dvou zcela zalesněných horských povodí v Beskydech. K dispozici měli data z 45 let trvajícího monitoringu. Povodí Červík ($1,85 \text{ km}^2$) tvořil v kalibračním období (1954-1966) z 95 % smrkový porost a z 5 % buk. V následujících letech došlo v důsledku postupných porostních obnov k mírnému nárůstu listnatých lesů. Povodí Malá Ráztoka ($2,05 \text{ km}^2$) tvořil hlavní hospodářskou dřevinu buk (67 %). Po provedených porostních obnovách poklesl podíl

listnatých lesů v povodí na 35 % a dominantní dřevinou se stal smrk. Porostní obnovy probíhaly v obou povodích pruhovými sečemi.

BÍBA et. al. (2001) porovnali pro obě povodí vztah výšky srážek a výšky odtoku za období letního půlroku (v tamních podmínkách jde o rozmezí měsíců VI. – X.). V období následujícím po nejvýraznějších porostních obnovách (1980 -1996) zjistili celkový nárůst odtoku v povodí Malá Ráztoka (MR) oproti stavu z let 1954 – 1979. U povodí Červík k obdobnému nárůstu nedošlo. K nárůstu průtoků na MR došlo především u velmi nízkých průtoků s pravděpodobností dosažení či překročení vyšší než 85 %. Zvýšení kulminačních průtoků nebylo prokázáno.

BÍBA et. al. (2001) dále porovnali tvar hydrogramů vybraných povodňových epizod. Došli k závěru, že bukové porosty přispívají ke zkrácení trvání vzestupné větve hydrogramu. Vysvětlují to soustředěným odtokem vody po kmenech, který je mnohem výraznější než u smrku. Pomocí metody výtokových čar autoři poukazují na rychlejší proces vyprazdňování povodí a celkově nižší odtok v poměrech roku 1966 oproti stavu z let 1996 a 1997. Tento poznatek vysvětlují pomocí dvou okolností. Za prvé došlo k zapojení nízké vegetace, zatímco původní pokryv byl tvořen ulehlou hrabankou. Za druhé dokáží bukové porosty čerpat vodu z větších hloubek než smrk a tím zvyšovat transpiraci na úkor odtoku. Jiné studie z těchto povodí publikovali např. KŘEČEK et. al. (1979) nebo JAŘABÁČ a CHLEBEK (1990).

HLAVATÁ et. al. (2008) analyzovali srážko-odtokové poměry malých a středních povodí s různým zasažením větrnou kalamitou v oblasti Vysokých Tater (r. 2004). Na základě srovnání hydrologické bilance, ročních, sezónních, maximálních hodnot průtoků a dále vybraných kvantilů $Q_{10\%}$ až $Q_{90\%}$ nebyly nalezeny významné odchylky oproti stavu před kalamitou. Autoři to vysvětlují zapojením nízké vegetace v období letního půlroku, kdy dochází k výskytu největších srážkových epizod, tedy v letní části roku.

Podobné závěry vyvodili také ŠÍR et. al. (2004). Ti se domnívají, že odtokový koeficient se obvykle po výskytu disturbance významně nemění. Mohou za to zelené rostliny, které ve vegetační sezóně mohutně transpirují a působí jako prvek tlumící nepravidelné vstupy na vcelku vyrovnaný odtok z povodí. V mimovegetační sezóně, kdy je transpirace nevýznamná se projevuje tlumící funkce půdy a podloží, které nejsou v důsledku krátkého trvání disturbance znehodnoceny. Toto schéma však neplatí např. v subtropickém klimatu s nedostatkem srážek.

ARCHER (2007) porovnával dvojici povodí ve středním Walesu pomocí metody pulzací hydrogramu. Jedno z povodí bylo zcela pokryto vřesovišti zatímco druhé bylo ze 70 % zalesněno. Na základě více než třicetiletých časových řad stanovil medián průtoků pro obě

povodí. Autor porovnával počet překročení stanovených velikostí průtoků v průběhu záznamů. Hranice velikostních tříd stanovil jako vybrané násobky velikosti mediánu průtoků. Na bezlesém povodí zaznamenal větší variabilitu průtoků (větší počet překročení vybraných hraničních hodnot). Kromě prostého počtu případů dále porovnal také celkovou a průměrnou dobu trvání překročení průtoků nad danou mez. Průměrná doba překročení stanovené hranice byla na lesním povodí asi o 30 % delší. Nad hodnotou rovné padesátinásobku mediánu průtoků trvala jednotlivá překročení v průměru déle na povodí bezlesém Archer dále analyzoval hydrogramy z hlediska maximálního nárůstu/úbytku průtoků na vzestupné/sestupné větvi průtokové vlny pro různě dlouhé intervaly. Dospěl k závěru, že povodí se zde liší mnohem více než bylo patrné ze srovnání kulminačních hodnot. Na vzestupné větvi byl přírůstek v bezlesém povodí asi o třetinu průtoků větší než v povodí lesnatém. U poklesové větve byly rozdíly ještě výraznější.

IROUMÉ (2005) zkoumal vliv odlesnění na odtokové poměry v podmínkách méně srážkového (letního) období v Chile. Porovnával čtveřici malých povodí s různým stavem vegetačního porostu. Odtokové změny v důsledku prováděných porostních obnov v rámci jednoho povodí detekoval pomocí metody dvojných součtových čar. Jako kontrolní soubor použil data z jiného povodí, jež během měřeného období změnami vegetačního pokryvu neprošlo.

ROTHACHER (1973) analyzoval odtokové situace v dvojici horských experimentálních povodí H. J. Andrews Experimental Forest. Jednotlivá povodí měla plochy o rozloze 13 a 15,4 ha. Jedno z povodí bylo zcela zalesněné, druhé naopak odlesněné. Rothacher zkoumal vztah mezi rozdílem kulminačních průtoků obou povodí a třicetidenním indexem předchozího nasycení (tzv. API = antecedent precipitation index). K naměřeným hodnotám našel poměrně těsný regresní vztah. Nezalesněné povodí mělo tím vyšší kulminace průtoků proti povodí zalesněnému, čím byla nasycenost povodí (vyjádřena pomocí indexu API) nižší. V situacích s velmi vysokým indexem předchozího nasycení ($API > 50$ mm) byly kulminace na zalesněném povodí vyšší.

HORNBECK (1973) zkoumal změny objemu přímého odtoku pro výrazné odtokové situace v experimentálním povodí Hubbard Brook. Porovnával povodí zalesněné s povodím zcela odlesněným těžebním zásahem. Na povodí odlesněném detekoval změny odtokového režimu především v jarním období. Na počátku jmenovaného období vykazovalo povodí odlesněné zvýšené objemy přímého odtoku. Koncem jara byl podíl přímého odtoku v nezalesněné lokalitě naopak menší. Výsledky zdůvodnil rychlejším táním sněhu v odlesněném povodí.

Další negativní účinky, vedoucí ke zrychlení odtoku v lesním prostředí, jsou přisuzovány vlivu mechanizace, tvorbě cestní sítě, či poškozování a úpravě vodotečí. ČERNOHOUS (2006) pozoroval na malém lesním povodí U Dvou louček v Orlických horách po imisních a kůrovcových kalamitách změny v srážko-odtokových poměrech po obnově hydrografické sítě. Hydromelioračním zásahem bylo dotčeno asi 16 % plochy povodí. Vytvořením dvojné součtové čáry se ukázalo, že po navýšení odtoků v pětiletém pozásahovém období se systém vrátil k původní závislosti velikosti odtoků na srážkách. Analýzou průměrných denních průtoků dále autor prokázal navýšení vodnosti za nízkých vodních stavů a zvýšení kulminačních průtoků u malých průtokových vln v období po zásahu. Díky poměrně malé ploše povodí (32,6 ha) se projevil nárůst kulminačních stavů také u velkých průtokových vln. Podle autora článku se tento efekt u povodí s větší rozlohou obvykle neprokáže. Černohous dále uvádí, že změnou hydrografické sítě došlo ke snížení objemu přímého odtoku o 4 %.

Ne všechny výzkumy potvrzují pozitivní úlohu lesa na tlumení kulminačních průtoků. CHENG (1975) vyhodnotil 43 odtokových situací na experimentální ploše v prostředí Kanady. Opět šlo o malé povodí zcela zbavené původního lesního porostu. Většina kulminací spadala do mimovegetačního období. Cheng zjistil, že těžba dřeva se v povodí projevila nižšími hodnotami kulminací a jejich opožděným výskytem oproti hodnotám před zásahem.

2.3.3 Shrnutí poznatků lesnické hydrologie

Vlivem vegetačních změn na hydrologické procesy se zabývá v naší i světové literatuře velké množství prací. Z českých autorů rozsáhlé rešerše publikovali například KAŠPÁREK et. al. (1990) a BLAŽKOVÁ (1991). Ve světové literatuře se touto problematikou zabývali BOSH a HEWLETT (1982). Většina studií hovoří o vlivu lesa na transformaci odtoku v rozmezí od velmi výrazně pozitivní, přes slabě pozitivní, až po těžko prokazatelný. Studie pojednávající o negativním vlivu lesa na transformaci odtoku z povodí jsou poměrně vzácné.

Podle BLAŽKOVÉ (1991) je třeba rozlišovat, zda se změnou vegetačního pokryvu došlo pouze ke změně velikosti transpirace, nebo zda se podstatně změnil mechanismus tvorby přímého odtoku. V situaci, kdy se změnila velikost transpirace jsou obvykle průkaznější změny objemu přímého odtoku, než změny kulminačních průtoků. V takovém případě se většinou nepodaří prokázat změnu tvaru hydrogramu (např. časovou změnu ve výskytu kulminací). Prokazatelnost změny objemu přímého odtoku a změny kulminačních průtoků je silně závislá na velikosti odtokových epizod, které do analýz zahrneme. Velmi

často je vliv vegetace prokázán pouze u datového souboru tvořeného spíše nižšími odtokovými situacemi. Naopak v rámci datového souboru tvořeného mnohem výraznějšími odtokovými epizodami se často vliv vegetace nepodaří spolehlivě prokázat. Nárůst ročního objemu odtoku je obvykle důsledkem zvětšení relativně nízkých povodňových vln. Na základě předchozího bodu však nelze usuzovat, že došlo také k nárůstu větších povodní.

V případě, že vlivem vegetačních změn došlo ke změně mechanismu odtoku, se zpravidla jednoznačně prokáže změna velikosti a tvaru hydrogramu.

KAŇOK (1997) shrnuje poznatky lesnické hydrologie následovně: „Můžeme říci, že vliv hospodářské činnosti v lesnatém povodí na odtok nemůžeme zobecnit. Výsledky jsou nejednoznačné, diskutabilní a v některých případech patové. Zřejmě vše závisí na místních, konkrétních podmínkách a zvolených metodách zkoumání.“

2.4 Vliv umělého odvodnění na odtok

Vzhledem k významnému zastoupení odvodňené plochy na méně lesnatém povodí v rámci experimentální výzkumné lokality Zbytiny uvádím v této kapitole několik poznatků týkajících se podpovrchového odvodnění a jeho vlivu na odtokový proces.

Smyslem provádění odvodňovacích zásahů je úprava a vyrovnaní vláhového režimu na zemědělských půdách (SOUKUP et. al., 1999). U nás je výzkum vlivu umělého odvodnění na odtok především doménou Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP). Ten také provozuje síť výzkumných povodí, lokalizovanou především v oblasti Českomoravské vrchoviny (DOLEŽAL, 2001).

Umělému odvodnění bývá často vytýkáno, že vytváří podmínky k výskytu vyšších kulminačních průtoků, v porovnání s krajinou neovlivněnou uvedenými zásahy. Podobné spekulace se objevily v souvislosti s povodněmi na Moravě v roce 1997. Ne vždy jsou však tato tvrzení podložena vědeckými poznatky. Především je třeba rozlišovat mezi tzv. otevřenými drenážními systémy a uzavřenými drenážními systémy.

Podle shrnutí publikovaného LANGHAMMEREM (2005) jsou dopady otevřené drenážní sítě na odtokový režim povodí veskrze negativní – snižují transformační schopnosti prostředí a tím zvyšují a urychlují kulminace průtoků. Vliv podpovrchové drenáže v povodí se naopak projevuje zvětšenou infiltrační schopností, poklesem povrchového odtoku a tím i snížením kulminací. Podle autora je tento pozitivní vliv patrný především u malých odtokových vln a s narůstající extremitou povodně klesá.

SOUKUP et. al. (1999) se domnívají, že v období výskytu extrémních srážek působí podpovrchová drenáž pozitivně na tlumení povrchového odtoku prostřednictvím zvýšení infiltrace a retence půdy. Díky tomu by mělo odvodněné povodí mít nižší kulminační průtok a delší dobu doběhu odtoku vody z povodí. Zároveň však dodávají, že rozhodující roli hrají další faktory (např. hydrotechnické, podíl odvodněné plochy, fyzicko-geografické podmínky, nasycenost půdního horizontu). Zásadní je pochopitelně funkčnost celého drenážního systému (stáří, údržba).

SOUKUP et. al. (2003) zkoumali 12-ti leté časové řady průtoků Cerhovického potoka, ležícího v blízkosti Hořovic. Povodí o rozloze 7,36 km² bylo odvodněno trubkovou drenáží na 16 % plochy. Autoři zkonstruovali křivku pravděpodobnosti překročení průměrných denních drenážních odtoků a posuzovali podíl drenážních systémů na celkovém odtoku. Zvláště významnou část tvořil drenážní odtok během suchých období (nad 50 %). Během menších povodňových situací je relativní zastoupení drenážního odtoku na celkovém odtoku z povodí podobný. Za extrémních povodňových situací je podle autorů podíl drenážního odtoku naopak nevýrazný (asi 2 % při povodni v roce 2002).

ŠVIHLA (1992) srovnal průměrné denní průtoky na dvou experimentálních plochách. Povodí Ovesná Lhota (0,66 km², 59 % odvodněné plochy) a již zmíněné povodí Cerhovický potok. Autor dospěl k závěru, že 90-ti denní průtoky a nižší vodní stavy po instalaci podpovrchové drenáže vzrostly. Opačná situace je u průtoků 20-ti až 90-ti denních. Autor uvádí, že 20-ti denní a vyšší průtoky nelze jednoznačně porovnat, jelikož se tvoří za složitých hydraulických podmínek. SOUKUP et. al. (1999) to vysvětlují tím, že dochází ke složité skladbě odtoku z jednotlivých drenážních skupin a každá trubní síť má svá specifika.

Jiné výsledky publikovali DOLEŽAL et. al. (2003). Autoři kvantifikovali součinitel zvýšení povodňového průtoky v důsledku přítomnosti drenážních systémů na základě aplikace své bilanční teorie. Kulminační průtoky v povodí Cehovického potoka (16 % odvodněno) mohou při vysokých srážkách (nikoliv extrémně) v důsledku umělého odvodnění vzrůst až o 19 %. V povodí Černíčí na Českomoravské vrchovině (17 % odvodněno) pak podle výsledků dochází k nárůstu průtoků ze stejného důvodu o 3 %.

Z prací zabývajících se vlivem povrchového odvodnění jmenujme práci ŠVIHLY et. al. (2007). Autoři analyzovali povodňové vlny na malém horském povodí U Dvou louček v Orlických horách. Pro porovnání odtokových poměrů území před a po provedeném povrchovém odvodnění použili semiempirickou metodu lineárních nádrží. V období před odvodněním uvažovali v rámci zájmového povodí dvě zdrojové odtokové plochy z nichž každá generuje odtok o odlišné době zpoždění za příčinnou srážkou (pomalý a středně rychlý

odtok). V období po odvodnění desetiny plochy uvažovali dvě předchozí zdrojové plochy a navíc plochu generující odtok zrychlený. Výsledky použili k výpočtu hydrologické bilance dvou povodňových vln o přibližně stejné době opakování. U druhé vlny vyčíslili podíl zrychleného odtoku na celkovém objemu odtoku hodnotou 14 %.

3. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÝCH POVODÍ

3.1 Obecná charakteristika

Experimentální povodí „**Zbytinský potok**“ leží mezi městy Volary a Prachatice na horním povodí Blanice. Výzkumnou lokalitou je tok VI. řádu, jež jako levostranný přítok ústí do Zbytinského potoka (hydrologické pořadí 1-08-03-008) v obci Zbytiny. Celková plocha povodí je 1,555660 km². Vzhledem ke skutečnosti, že hladinoměr je umístěn asi dvacet metrů před zaústěním do Zbytinského potoka, je rozloha zájmového území o něco menší (1,551354 km²). Nejvyšší bod leží ve výšce 906 m n.m., střední nadmořská výška povodí je 811 m n.m.. Tok pramenící asi 850 m n.m. pak ústí v nadmořské výšce 785 metrů. Povodí má vějířovitý tvar ($\alpha=0,42$). Na obrázku 3 je znázorněna kompletní hydrografická síť zájmového povodí.

Sousedící experimentální povodí „**Tetřívčí potok**“ je též tokem VI. řádu a je pravostranným přítokem Tetřívčího potoka (1-08-03-006). Celková plocha povodí je 1,622045 km². Vymezené zájmové území k měrnému přelivu má rozlohu 1,617414 km². Nejvyšším bod leží ve výšce 946 m n.m., střední nadmořská výška povodí je 851 m n.m.. Tok pramenící 902 m n.m. pak ústí v nadmořské výšce 785 metrů. Povodí má rovněž vějířovitý tvar ($\alpha=0,42$). Na obrázku 4 je znázorněna kompletní hydrografická síť zájmového povodí.

Poloha obou experimentálních ploch je znázorněna na obrázku 1. Geometrické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1. Vysvětlivky k tabulce 1 jsou v příloze 1. Hypsografické křivky obou povodí jsou na obrázku 2. Dále v textu jsou obě výzkumné plochy nazývány Zbytinský potok (ZB) a Tetřívčí potok (TE). Není-li uvedeno jinak, myslí se tím území k měrným profilům.

Obrázek 1: Poloha experimentálních povodí



Zdroj: CENIA (2005)

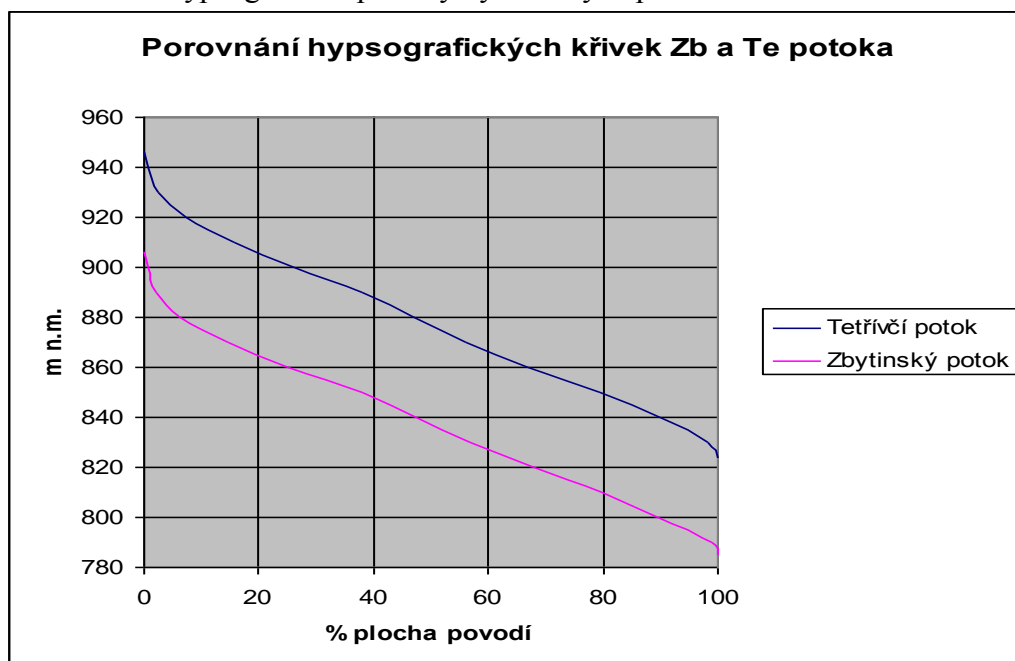
Tabulka 1: Základní geometrické charakteristiky výzkumných povodí

Název toku	Zbytinský potok	Tetřívčí potok
Plocha povodí (km ²)	1,551354	1,617414
Maximální výška (m n.m.)	906	946
Minimální výška (m n.m.)	785	824
Střední nadmořská výška (m n.m.)	811	851
Převýšení (m)	121	122
Gravelliův koeficient	1,153	1,187
Délka rozvodnice (m)	5090	5352
Koeficient protáhlosti povodí	0,727	0,731
Délka povodí (m)	1926	1962
Charakteristika povodí α	0,419	0,420
Tvar povodí	vějířovitý	vějířovitý
Délka údolnice (m)	1933	2158
Délka občasných vodotečí (m)	2675	7095
Délka všech toků a vodotečí (m)	4608	9252
Přímková délka toku (m)	1520	1713
Maximální výška toku (m n.m.)	860	902
Minimální výška toku (m n.m.)	785	824
Převýšení toku (m)	75	78
Sklon povodí (%)	9,71	9,59
Koeficient reliéfu	0,0628	0,0622
Hustota říční sítě (km/km ²)	1,25	1,33
Hustota celé říční sítě (km/km ²)**	2,97	5,72
Stupeň vývoje toku	1,27	1,26
Řádovost toku absolutní	VI	VI
Řádovost toku relativní podle Strahlera*	1(3)	1(4)

*číslo v závorce udává hodnotu odvozenou dle terénního šetření, zohledňují výskyt občasných vodotečí

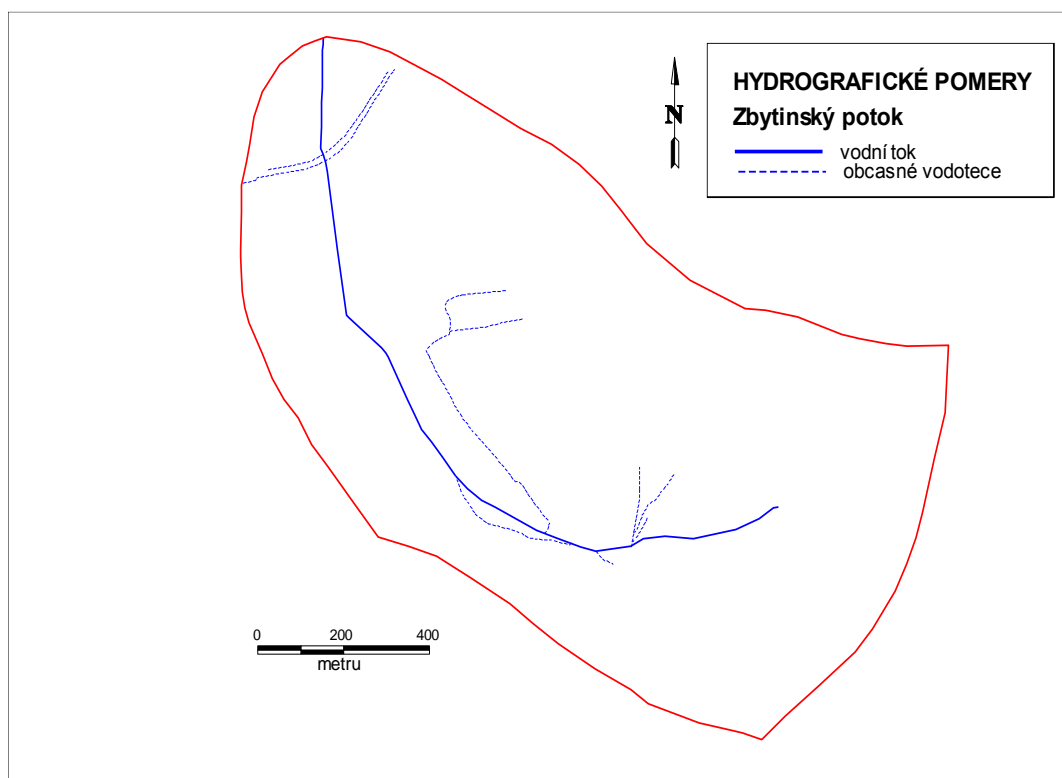
** platí pokud zahrneme všechny občasné vodoteče

Vysvětlivky k charakteristikám jsou uvedeny v příloze 1

Obrázek 2: Hypsografické poměry výzkumných povodí

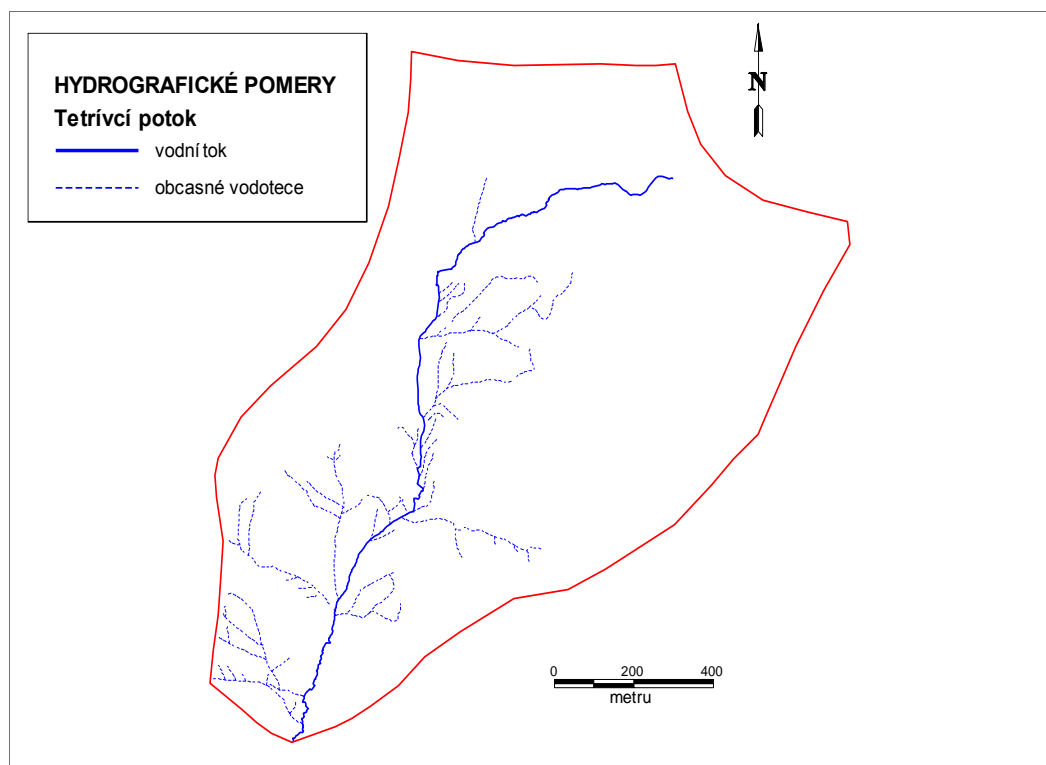
Zdroj: sestaveno podle ČÚZK (2005a)

Obrázek 3: Hydrografická síť Zbytinského potoka



Zdroj: terénní šetření

Obrázek 4: Hydrografická síť Tetřívčího potoka



Zdroj: terénní šetření

3.2 Geologické poměry

3.2.1 Geologická charakteristika podhůří Šumavy

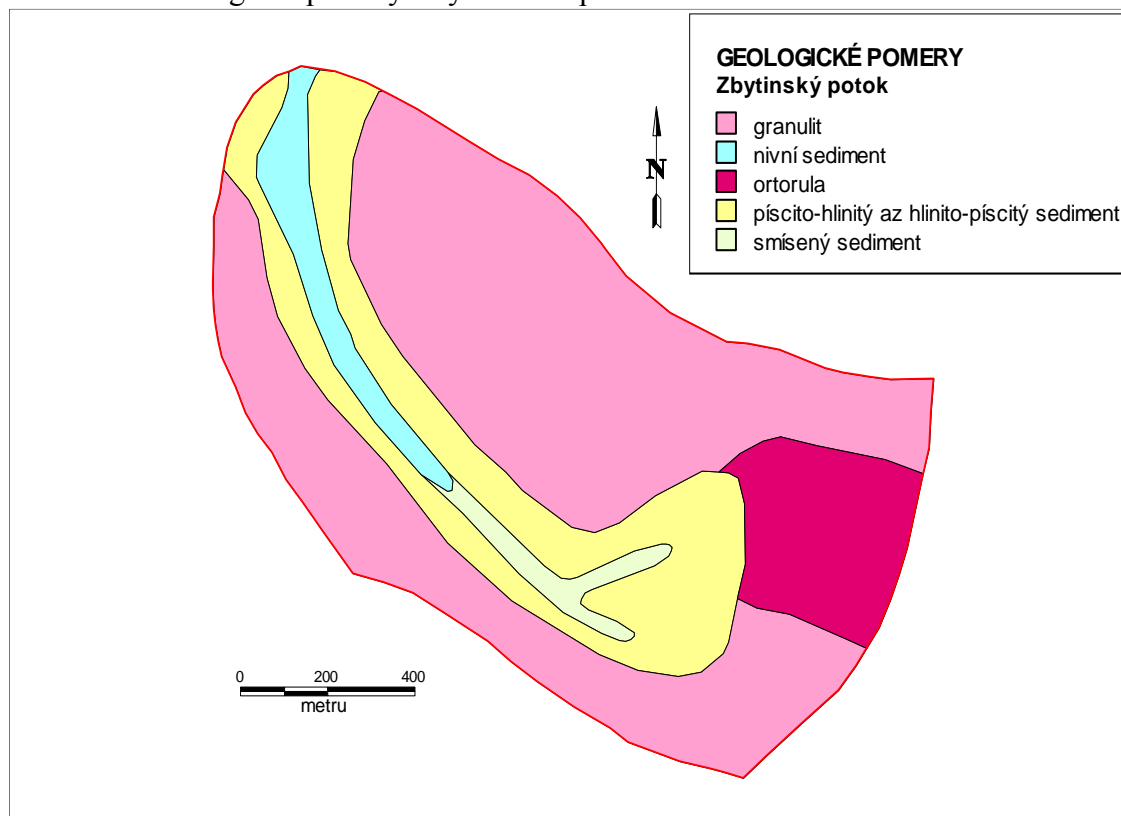
Podhůří Šumavy se orograficky řadí do Českého masivu. Soustava Jihočeské vysočiny tvoří jeho rozsáhlé předhercynské krystalické jádro. Tato jednotka byla dlouhodobou denudací zbroušena na parovinu. Teprve v třetihorách došlo k jejímu zprohýbání a rozlámání. Zájmové území se nachází v jedné ze čtyř soustav Jihočeské vysočiny- soustavě Šumavy. Jednotka je zlomového původu. Tvoří ji krystalické břidlice a hlubinné vyvřeliny. Spolu s Českomoravskou vrchovinou patří soustava k nejstarším jádrům Českého masivu. Z této tzv. šumavské větve moldanubického krystalinika vystupují břidličnaté horniny zejména pararuly, ruly, svory, křemence a krystalické vápence (HÄUFLER et. al. 1960).

3.2.2 Geologická charakteristika výzkumných povodí

Povodí „**Zbytinský potok**“ je tvořeno dvěma skupinami hornin. Jednak jsou to proterozoické až paleozoickými metamorfity (71 % rozlohy povodí) a jednak kvartérní sedimenty (29 % plochy povodí). Nejvíce zastoupenou horninou je granulit (61%), který tvoří společně s méně zastoupenými ortorulami (10%) vrcholové a svahové partie povodí. Vlastní vodní tok je lemován nezpevněnými písčito-hlinitými až hlinito-písčitými sedimenty (22 %). V bezprostředním okolí horního toku se nachází nezpevněné smíšené sedimenty (2 %), na dolním toku pak nivní sedimenty (5% plochy povodí). Geologické charakteristiky jsou zachyceny v obrázku 5.

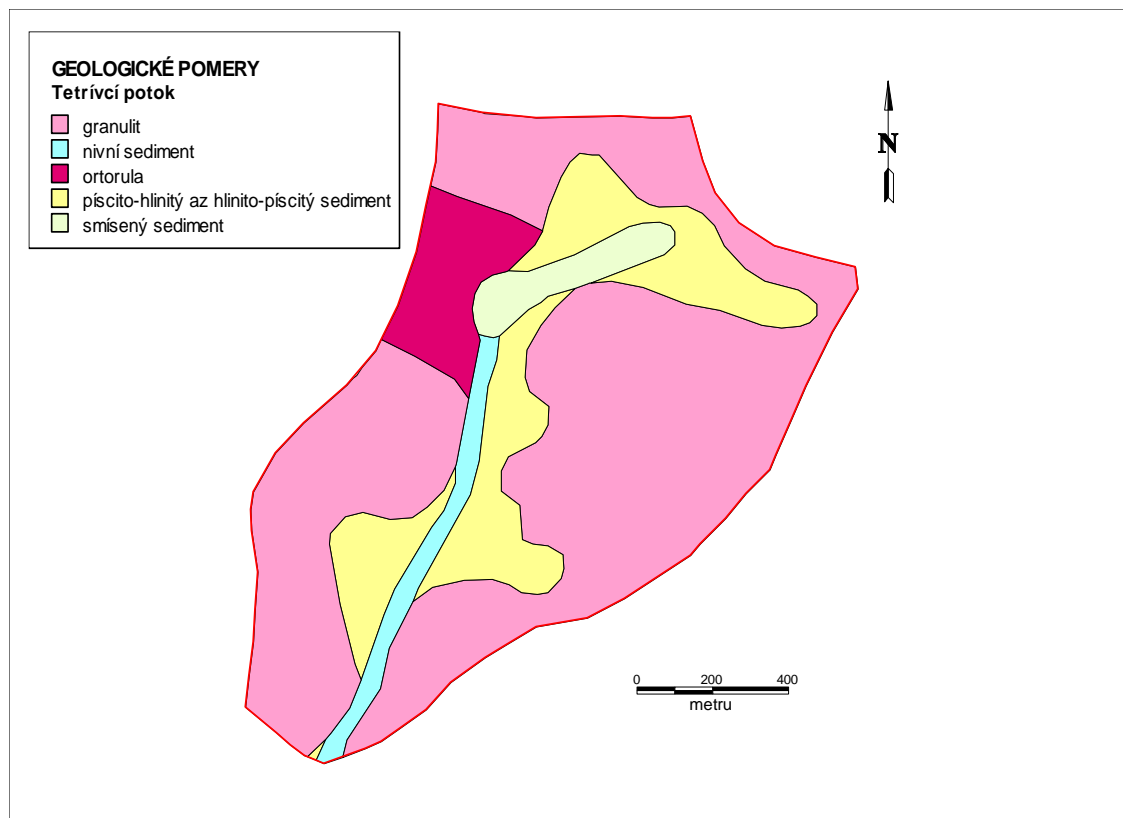
Povodí „**Tetřivčí potok**“ je tvořeno stejnými typy hornin a jejich zastoupení je obdobné proporčně i prostorově, jako je tomu u Zbytinského potoka. Proterozoické až paleozoickými metamorfity tvoří 74 % plochy povodí a kvartérní sedimenty zbývajících 26 %. Nejvíce zastoupenou horninou je granulit (67 %), který tvoří společně s ortorulami (6,5 %) vrcholové a svahové partie povodí. Vlastní vodní tok je lemován nezpevněnými písčito-hlinitými až hlinito-písčitými sedimenty (19 %). V bezprostředním okolí horního toku se nachází nezpevněné smíšené sedimenty (3,5 %), na dolním toku pak nivní sedimenty (4 % plochy povodí). Geologické charakteristiky jsou zachyceny v obrázku 6.

Obrázek 5: Geologické poměry Zbytinského potoka



Zdroj: ČGÚ (2005)

Obrázek 6: Geologické poměry Tetřívčího potoka



Zdroj: ČGÚ (2005)

3.3 Reliéf

3.3.1 Geomorfologické poměry

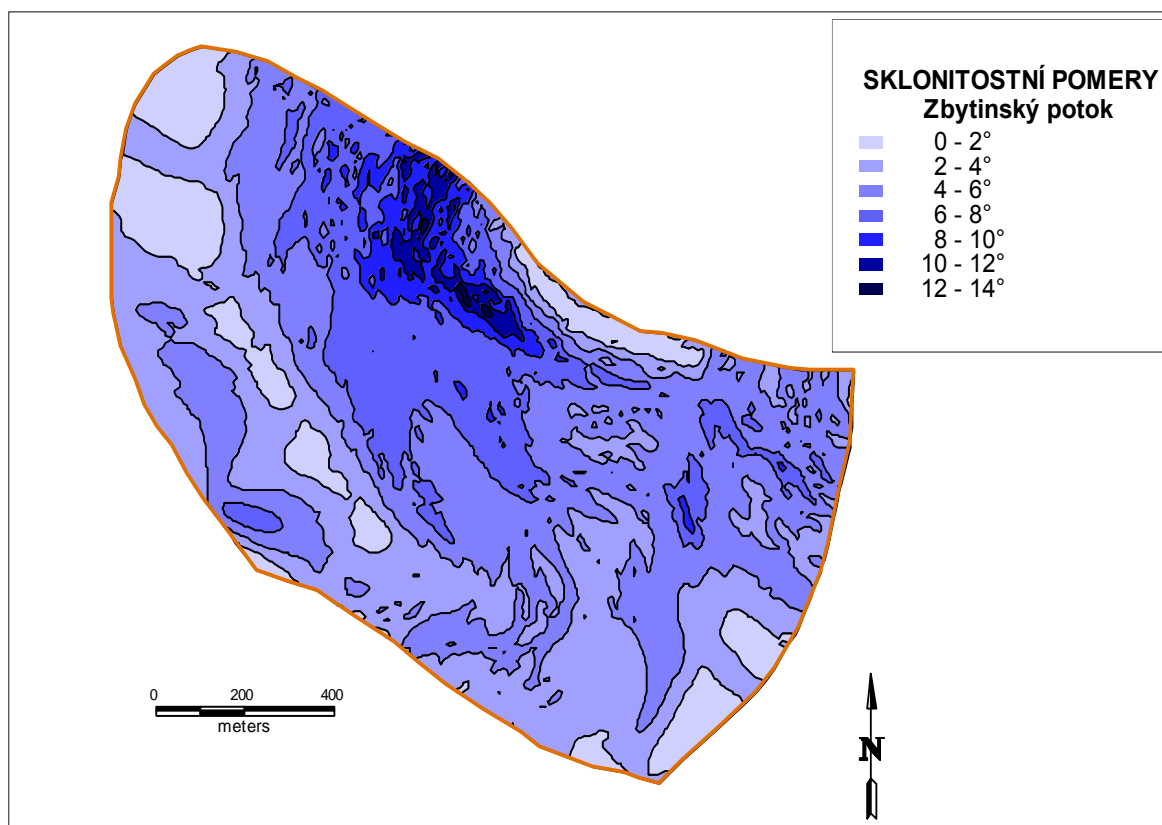
Zájmová oblast se nachází na území jediné geomorfologické jednotky. Výzkumná povodí podle geomorfologického členění (BALATKA et. al. 1972) náleží do podsoustavy Šumavská hornatina, celku Šumava a podcelku Želnavská hornatina. Podle podrobnějšího členění pak náleží toto území do Libínské hornatiny (DEMEK, 1987). Morfometrické charakteristiky Želnavské hornatiny jsou následující: rozloha podcelku je 179 km², výškové rozpětí je od 693 m n.m. do 1228 m n.m., střední nadmořská výška je 921,1 m n.m.. V rámci podcelku Želnavské hornatiny převládá relativní výšková členitost 200-500 metrů a střední sklon jednotky je 7° 40'. Na základě morfometrických charakteristik zařadili BALATKA et. al. (1972) Želnavskou hornatinu do orografické třídy plochá hornatina.

3.3.2 Sklonitostní poměry

Údaje o sklonitostních poměrech Zbytinského a Tetřívčího potoka byly vypracovány na základě ZABAGEDu v gridu 10 metrů a jsou uvedeny v tabulce 2 a dále také na obrázcích 7 a 8. Z údajů je patrné, že obě povodí se ve sklonitostních poměrech podstatně neliší. O něco vyšší hodnoty průměrné sklonitosti (4,95°) i maximální sklonitosti (13,8°) má povodí Zbytinského potoka. Tetřívčí potok má hodnoty sklonitosti velmi podobné (4,0° a 12,3°).

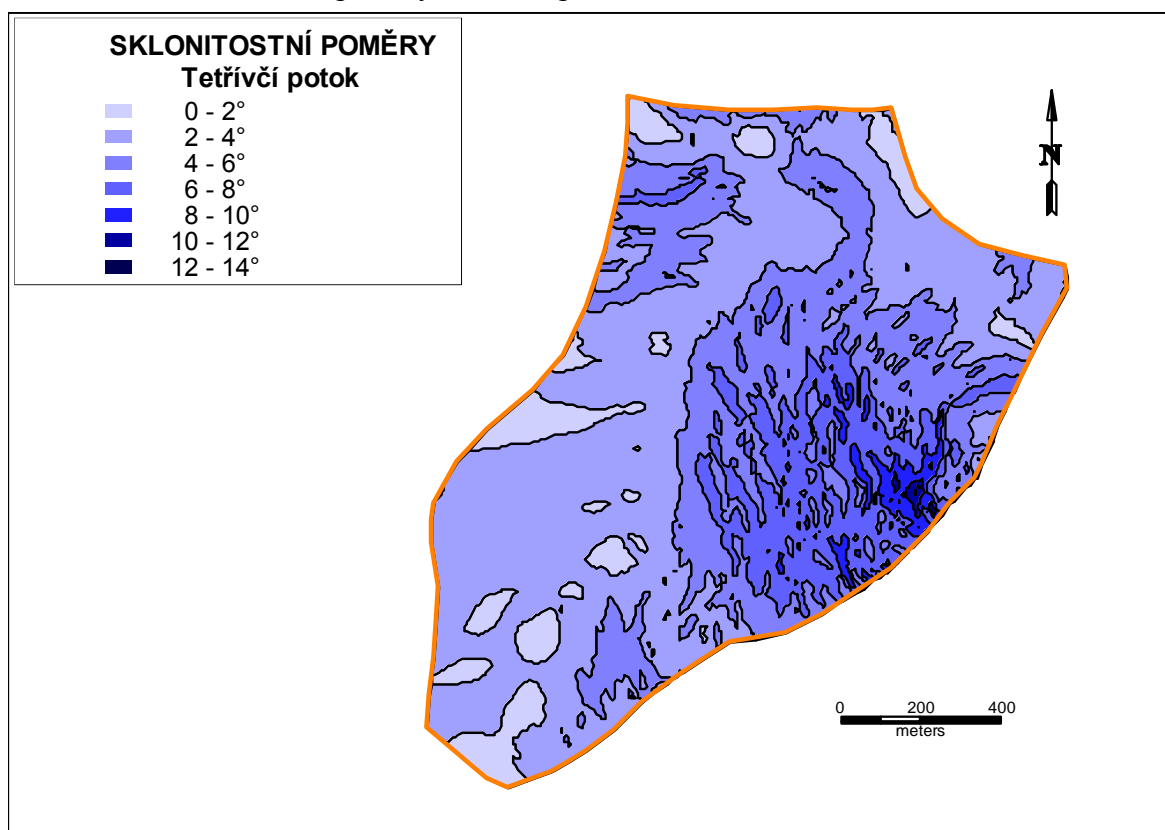
Největší rozdíl je v relativním zastoupení ploch o sklonu 2 až 4°. Zatímco u Tetřívčího potoka tato území tvoří téměř polovinu povodí, na Zbytinském potoce je to méně než 1/3 povodí. Plochy nad 8° mají na méně lesnatém Zbytinském potoce téměř třikrát větší zastoupení než u Tetřívčího potoka. Ačkoliv ve sklonitostních poměrech nejsou zájmová území příliš odlišná, dá se očekávat, že vyšší sklony na méně zalesněném povodí budou napomáhat ke vzniku rychlejší odtokové odezvy, tedy k většímu zastoupení povrchového odtoku.

Obrázek 7: Sklonitostní poměry, Zbytinský potok



Zdroj: sestaveno podle ČÚZK (2005a)

Obrázek 8: Sklonitostní poměry, Tetřívčí potok



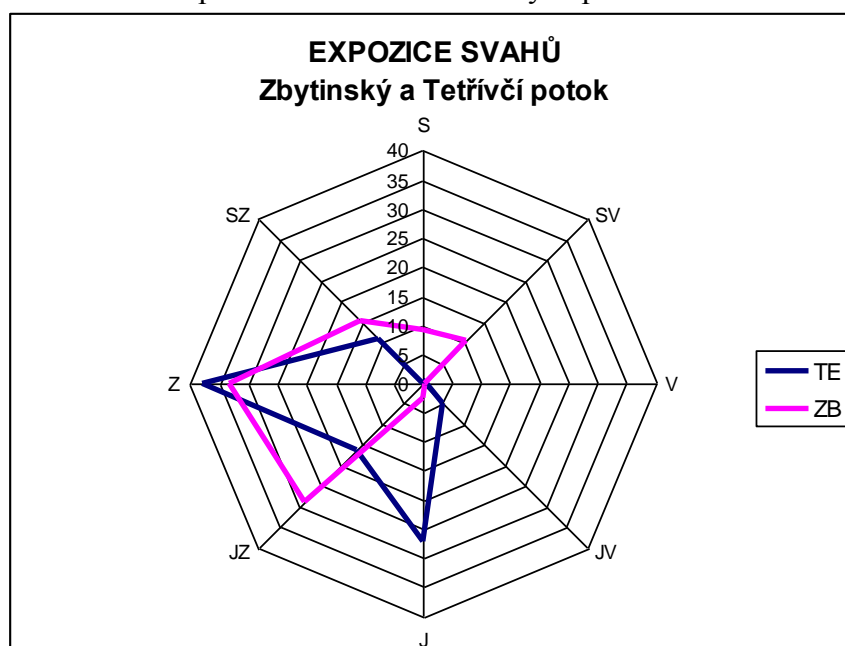
Zdroj: sestaveno podle ČÚZK (2005a)

Tabulka 2: Relativní zastoupení ploch o daném sklonu

sklon	plošné zastoupení v %	
	Zbytinský p.	Tetřívčí p.
0 - 2°	11,5	8,5
2 - 4°	31,8	48,0
4 - 6°	34,4	28,0
6 - 8°	16,5	13,3
8 - 10°	4,1	1,9
10 - 12°	1,6	0,2
12 - 14°	0,1	0,0

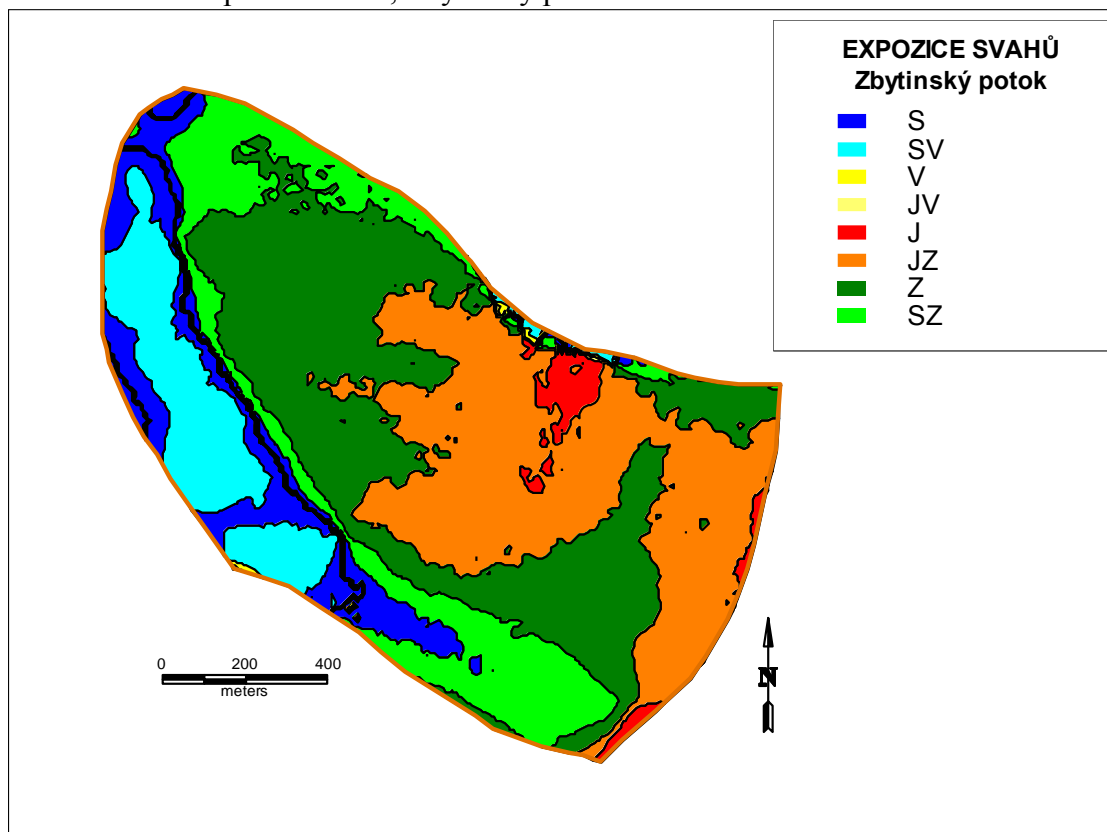
3.3.3 Expozice

Údaje o expozicích svahů byly vypracovány na základě ZABAGEDu v gridu 10 metrů. Jak je patrné z obrázku 9 a tabulky 3, zájmová povodí se v orientaci svahů příliš neliší. V obou případech je nejvýrazněji zastoupena západní expozice. Velký podíl u obou povodí dále zaujímají svahy obrácené na jihozápad a severozápad. Největší rozdíl je patrný mezi povodími u jižních svahů. Ty jsou u Tetřívčího potoka druhou nejvíce zastoupenou kategorií (27 % plochy povodí), zatímco na Zbytinském potoce jsou zastoupeny marginálně (2,6 %). Patrný rozdíl je i ve výskytu severních svahů, ty jsou významněji zastoupeny pouze u Zbytinského potoka. Vzhledem ke skutečnosti, že většina srážek v zájmovém regionu přichází od jihozápadu a přilehlé polosféry, lze očekávat, že orientace svahů obou povodí nahrává k vyšší dotaci srážek, díky návětrnému efektu. Mapy expozic obou povodí jsou na obrázku 10 a 11.

Obrázek 9: Expozice svahů ve zkoumaných povodí

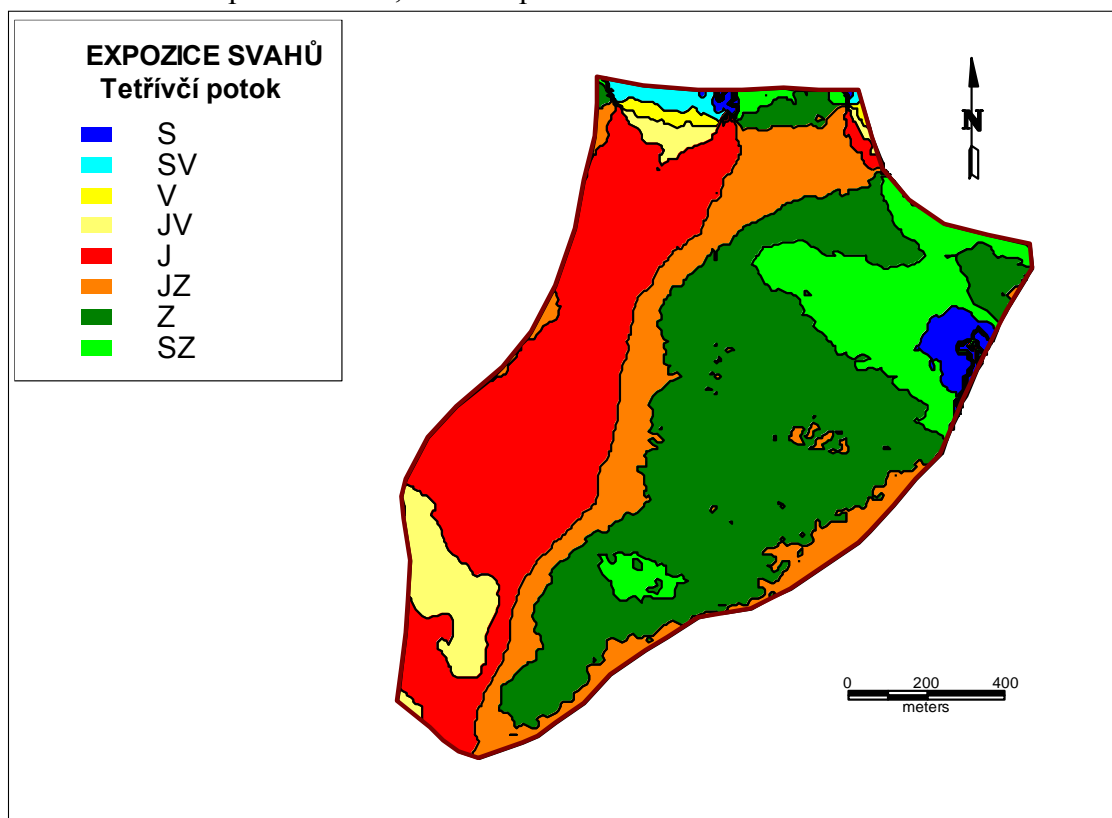
Zdroj: ČÚZK (2005a), čísla v grafu znázorňují relativní hodnotu jevu vyjádřenou v %

Obrázek 10: Expozice svahů, Zbytinský potok



Zdroj: sestaveno podle ČÚZK (2005a)

Obrázek 11: Expozice svahů, Tetřívčí potok



Zdroj: sestaveno podle ČÚZK (2005a)

Tabulka 3: Relativní zastoupení ploch o dané expozici

expozice	plošné zastoupení %	
	Zbytinský p.	Tetřívčí p.
S	0,0	9,1
SV	0,9	10,6
V	0,7	0,3
JV	4,8	0,3
J	27,0	2,6
JZ	16,2	28,5
Z	37,8	33,1
SZ	10,9	15,5

3.4 Půdní poměry

3.4.1 Zastoupení půdních typů

V povodí **Zbytinského potoka** jsou podle půdních map 1:50 000 zastoupeny tři půdní typy. Jednak jsou to dva subtypy kryptopodzolů, dále dva subtypy kambizemí a nakonec jeden půdní subtyp gleje (5 %). Na glej histický, který se nachází v oblasti údolní nivy, navazuje kambizem oglejená mesobazická (25 %) a ta dále přechází v kambizem mesobazickou (39 % plochy povodí). Ve vyšších partiích je zastoupen kryptopodzol modální (31 %), který je doplněn nepatrně zastoupeným kryptopodzolem rankerovým (0,3 %). Rozložení půdních subtypů v povodí je znázorněno na obrázku 12.

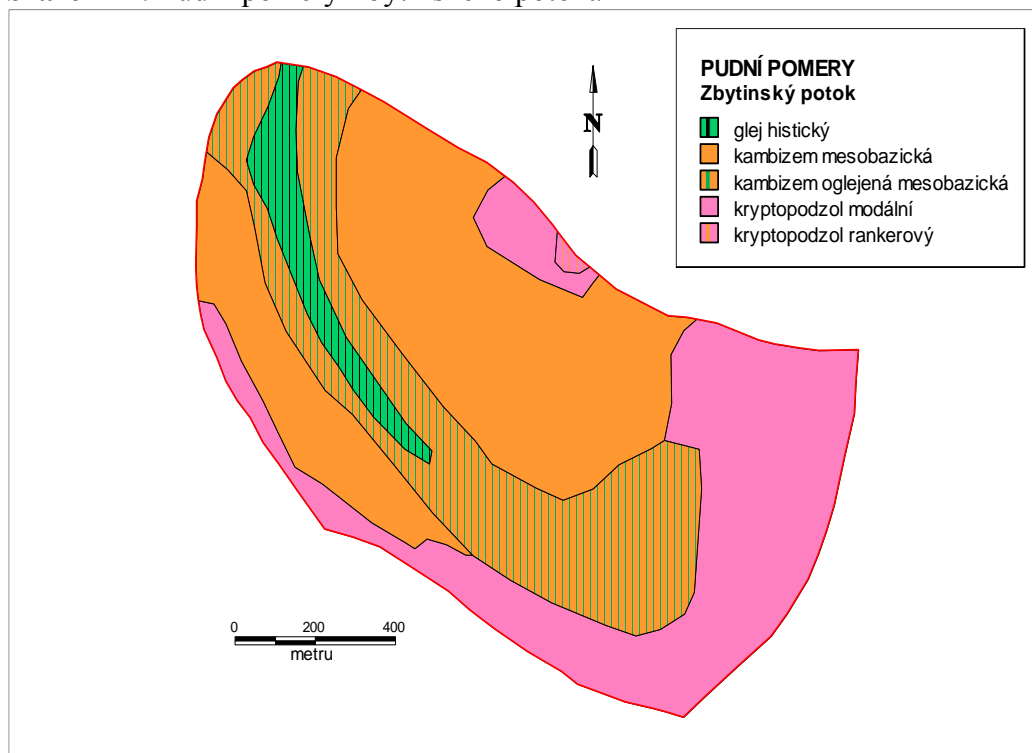
V povodí **Tetřívčího potoka** jsou podle půdních map 1:50 000 zastoupeny pouze tři půdní subtypy. V okolí vodního toku se nalézá glej histický (19 %), který ve dvou oblastech na horním a dolním toku přechází v kambizem oglejenou mesobazickou (19 %). Ve vyšších částech povodí je zastoupen kryptopodzol modální (62 % plochy povodí). Rozložení půdních subtypů v povodí je znázorněno na obrázku 13.

3.4.2 Hydrologické vlastnosti půd

Z hlediska hydrologických vlastností půd se výzkumná povodí poměrně výrazně liší. Je to patrné z porovnání plošného zastoupení hydrologických skupin půd (HSP) na obrázku 12 a 13. Půdy se dělí podle hydrologických vlastností na čtyři základní skupiny (A-D). Půdy typu A jsou nejméně příznivé pro vznik povrchového odtoku, půdy typu D mají k tomuto druhu odtoku naopak nejlepší předpoklady. Z porovnání zastoupení HSP na obrázcích 14 a 15 je patrné, že v povodí Tetřívčího potoka se vyskytují větší plochy půdního typu D (Zbytinský p. 4,6 %, Tetřívčí potok 22,1 %). Z tohoto důvodu vykazuje lesní povodí lepší předpoklady

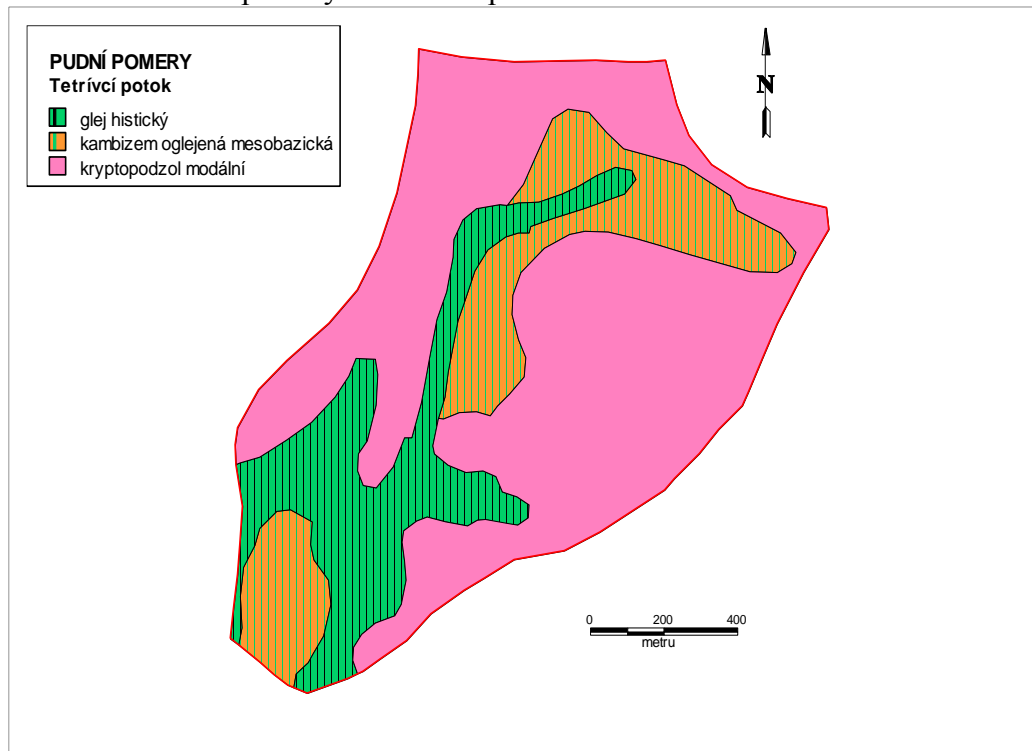
k výraznějším odtokovým odezvám. Odvození HSP je popsáno v kapitole 5, zabývající se výpočtem průměrné hodnoty odtokové křivky CN pro každé z dvojice výzkumných povodí.

Obrázek 12: Půdní poměry Zbytinského potoka



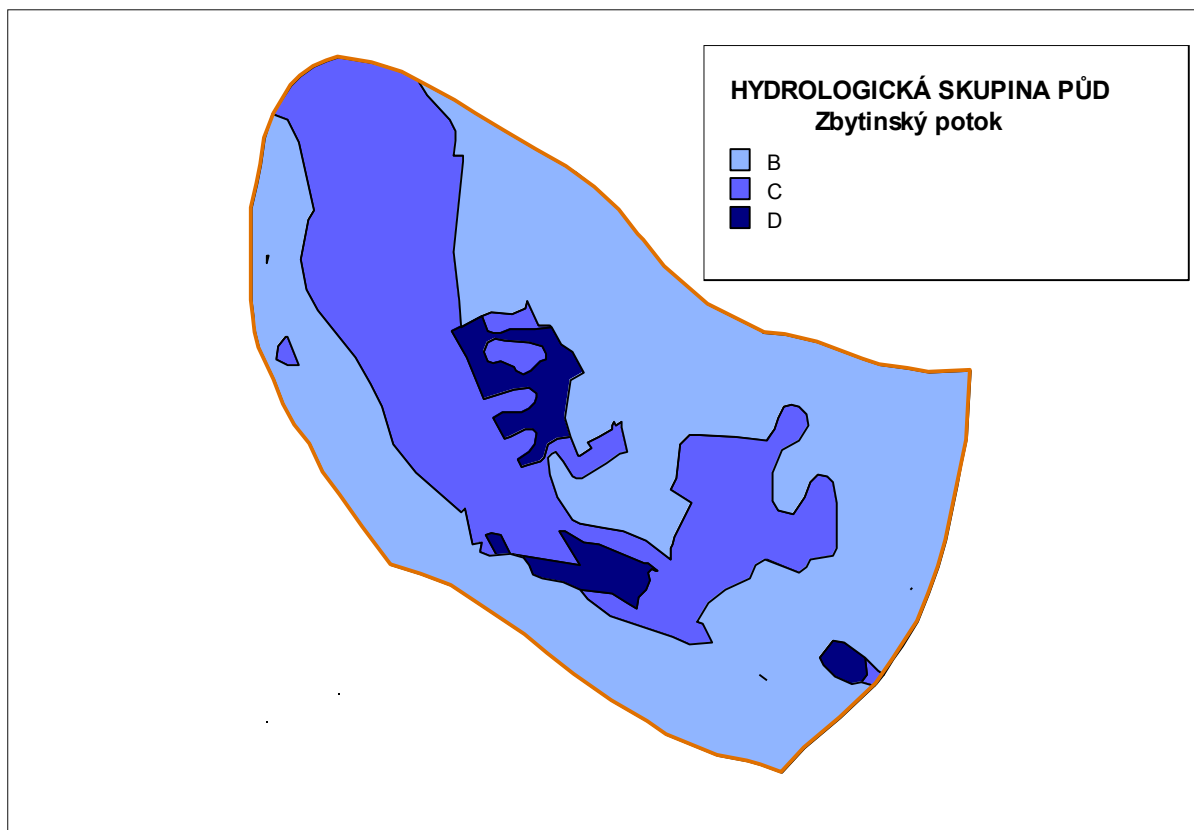
Zdroj: AOPK (2007)

Obrázek 13: Půdní poměry Tetřívčího potoka



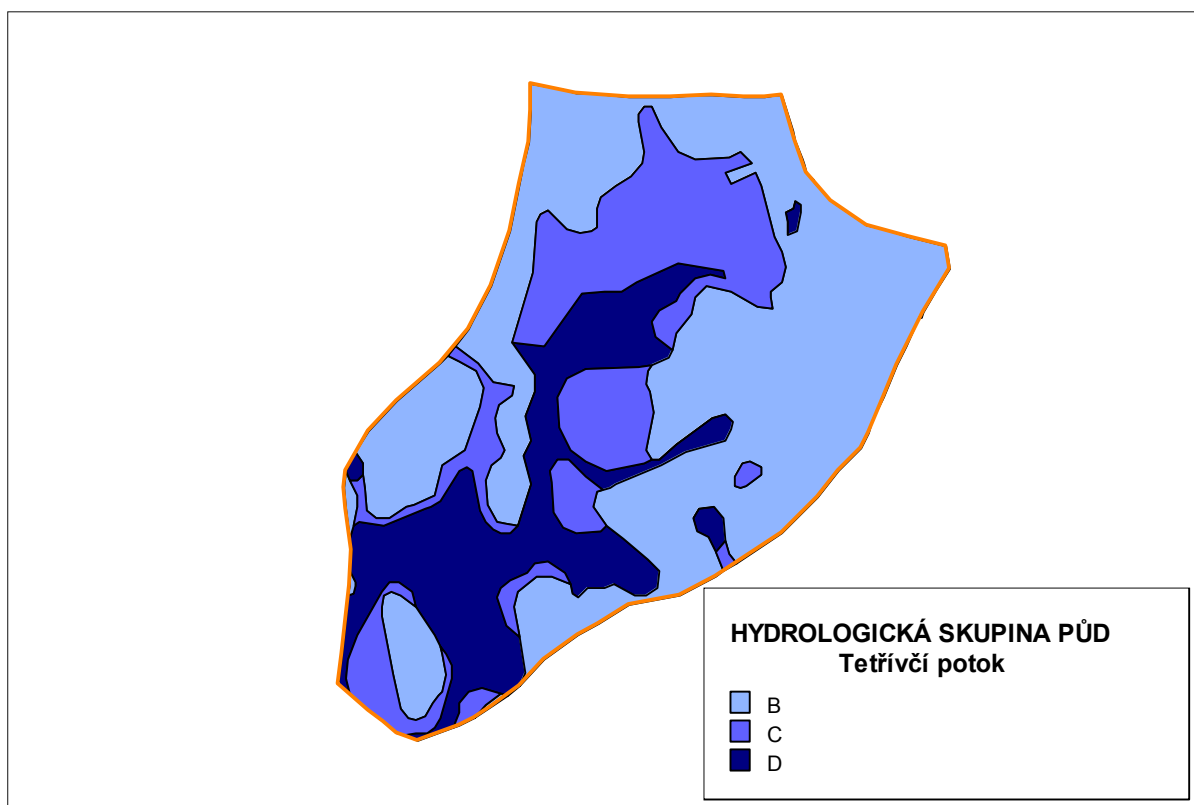
Zdroj: AOPK (2007)

Obrázek 14: Hydrologické skupiny půd v povodí Zbytinského potoka



Zdroj: sestaveno podle ÚHÚL (2008), MACKŮ (2008), JANEČEK (2002), AOPK (2007)

Obrázek 15: Hydrologické skupiny půd v povodí Tetřívčího potoka



Zdroj: sestaveno podle ÚHÚL (2008), MACKŮ (2008), JANEČEK (2002), AOPK (2007)

3.5 Vegetační poměry

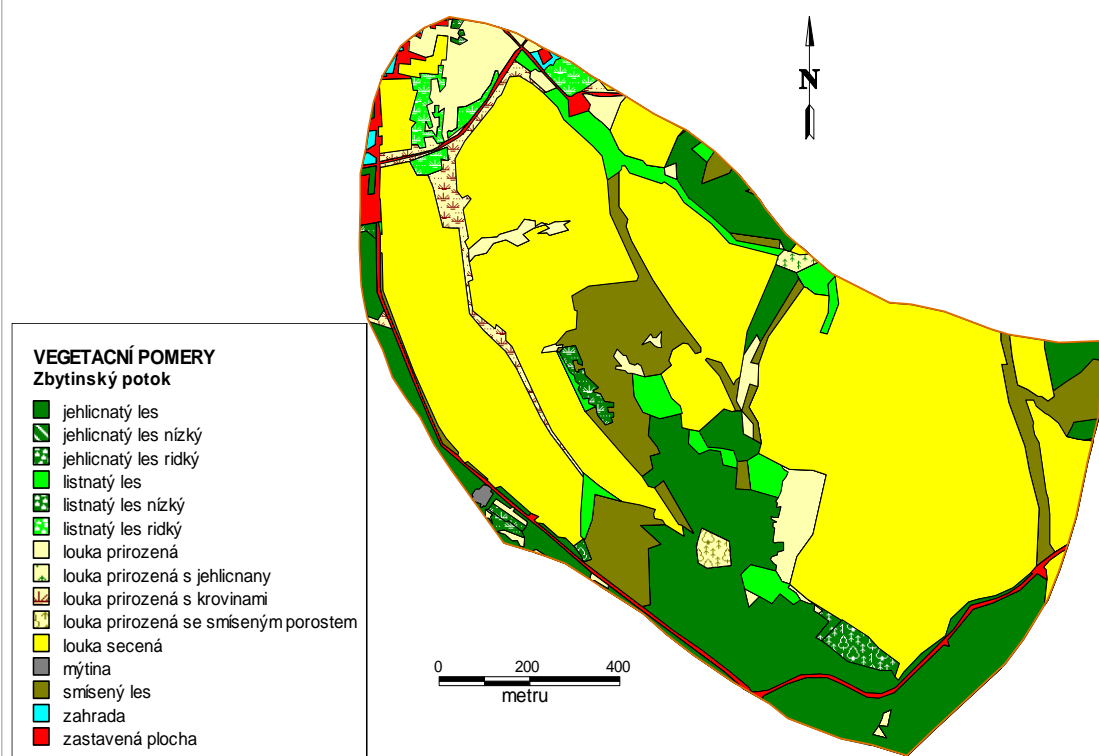
Zatímco jsou geometrické a geologické charakteristiky výzkumných povodí velmi podobné, zásadní rozdíl se týká vegetačních poměrů. Podrobné mapové podklady vegetačního pokryvu zájmového území byly pořízeny na základě vlastního terénního mapování na jaře 2006.

Povodí **Zbytinského potoka** tvoří téměř ze dvou třetin louky (63 %) a z jedné třetiny lesy (35 %). Zastavěná plocha tvoří více než 2 % plochy povodí a vodní plochy jsou zastoupeny nepatrně. Dominantní třídu tvoří sečené louky, které jsou rovnoměrně rozloženy po celém povodí (téměř 56 %). Druhou nejvýraznější třídu pak tvoří jehličnaté lesy (21 %). Zřetelná je zde převaha smrku, méně zastoupeny jsou borovice. Stav vegetačního krytu zachycuje obrázek 16.

Jiná situace je ve výskytu hlavních typů krajinného pokryvu v povodí **Tetřívčí potok**. Dvě třetiny povodí zaujímají lesy (68 %) a jednu třetinu louky (31 %). Zbývající podíl tvoří převážně zastavěná plocha. Na polovině povodí nalezneme jehličnatý les (48 %). Opět se zpravidla jedná o smrkové, méně již borové porosty. Dominanci jehličnanů podtrhuje fakt, že podíl listnatých lesů je zde menší než v povodí Zbytinského potoka. Stav vegetačního krytu zachycuje obrázek 17. Podrobné údaje o výskytu jednotlivých vegetačních tříd v obou povodích udává tabulka 4.

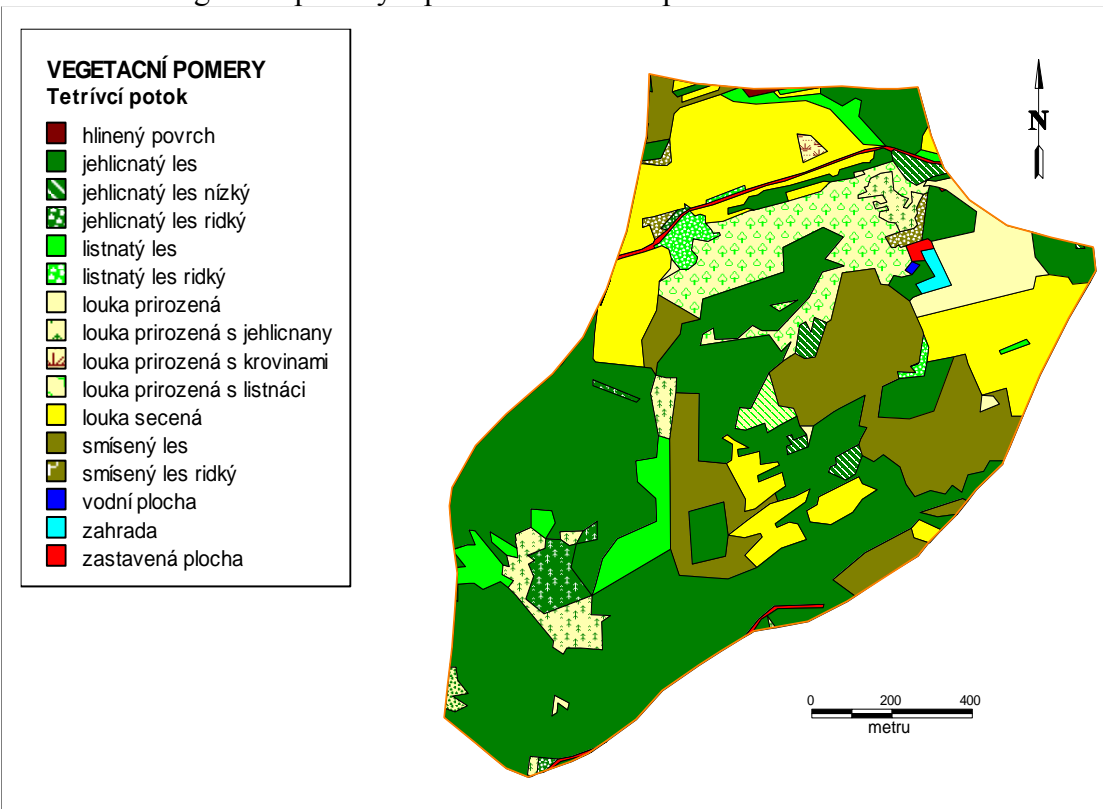
Dlouhodobým vývojem vegetačního krytu v oblasti výzkumných povodí se zabýval HINTNAUS (2008). Jeho výsledky zachycuje příloha 2.

Obrázek 16: Vegetační poměry v povodí Zbytinského potoka



Zdroj: terénní šetření, ČÚZK (2005b)

Obrázek 17: Vegetační poměry v povodí Tetřívčího potoka



Zdroj: terénní šetření, ČÚZK (2005b)

Tabulka 4: Plošné zastoupení vegetačních tříd

	Tetřivčí p.		Zbytinský p.	
	m ²	%	m ²	%
vodní plocha	577	0,0	0	0,0
zastavěná plocha	10845	0,7	35056	2,3
zahrada	4549	0,3	3288	0,2
hliněný povrch	1160	0,1	0	0,0
mýtina	0	0,0	1435	0,1
přirozená louka	53491	3,3	73039	4,7
přír. louka s křovinami	2988	0,2	26324	1,7
přír. louka s jehličnany	49135	3,0	2783	0,2
přír. louka se smíř. porostem	0	0,0	6787	0,4
přír. louka s listnáči	123474	7,6	0	0,0
sečená louka	272306	16,8	863205	55,6
jehličnatý les	733275	45,3	305306	19,7
jehličnatý les řídký	2169	0,1	11025	0,7
jehličnatý les nízký	38769	2,4	4082	0,3
smíšený les	245629	15,2	139234	9,0
smíšený les řídký	8710	0,5	0	0,0
smíšený les nízký	0	0,0	0	0,0
listnatý les	56138	3,5	53266	3,4
listnatý les řídký	0	0,0	19156	1,2
listnatý les nízký	14098	0,9	7373	0,5
celkem	1617414	100,0	1551354	100,0

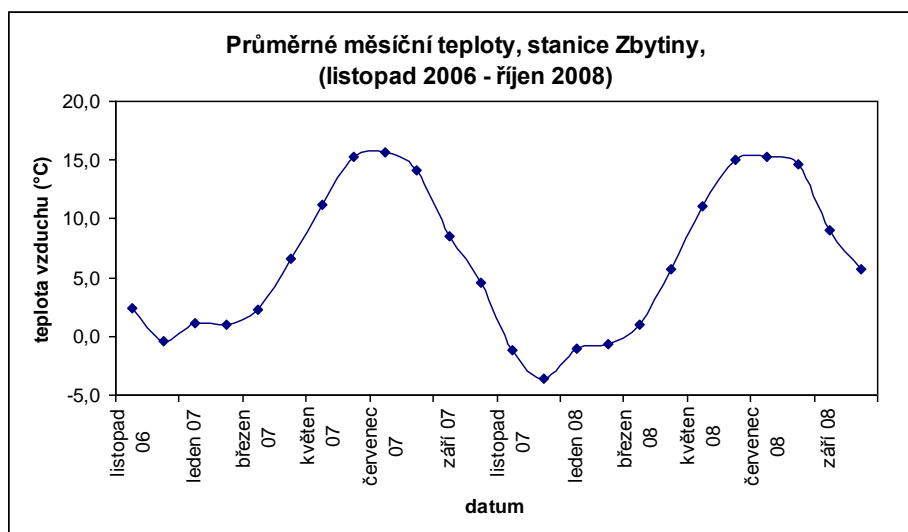
Zdroj: terénní šetření

3.6 Klimatické poměry

Podle QUITTA (1971) náleží obě povodí do relativně chladné kategorie CH 7, charakterizovanou velmi krátkými až krátkými léty, dlouhým, mírně chladným a vlhkým přechodným obdobím, mírně chladným jarem a mírným podzimem. Zima je zde dlouhá, mírná, mírně vlhká s dlouhou sněhovou pokrývkou. Vybrané klimatické charakteristiky zájmové oblasti podle Atlasu podnebí Česka (2007) jsou uvedeny v příloze 3.

Nejpřesnější informace o teplotních poměrech v oblasti výzkumných povodí udává stanice Zbytiny (ZBY). Stanice se nachází v bezprostřední blízkosti závěrového profilu Zbytinský potok v nadmořské výšce 786 m n.m. a funguje zde společně s automatickým srážkoměrem. K dispozici jsou data o teplotě vzduchu v desetiminutovém kroku. Průměrné měsíční teploty ve stanici ZBY jsou zachyceny na obrázku 18. Srážkovým poměrům v oblasti zájmových povodí se detailně věnuji v kapitole 6.

Obrázek 18: Průměrné měsíční teploty ve stanici Zbytiny (ZBY), (listopad 2006 – říjen 2008)



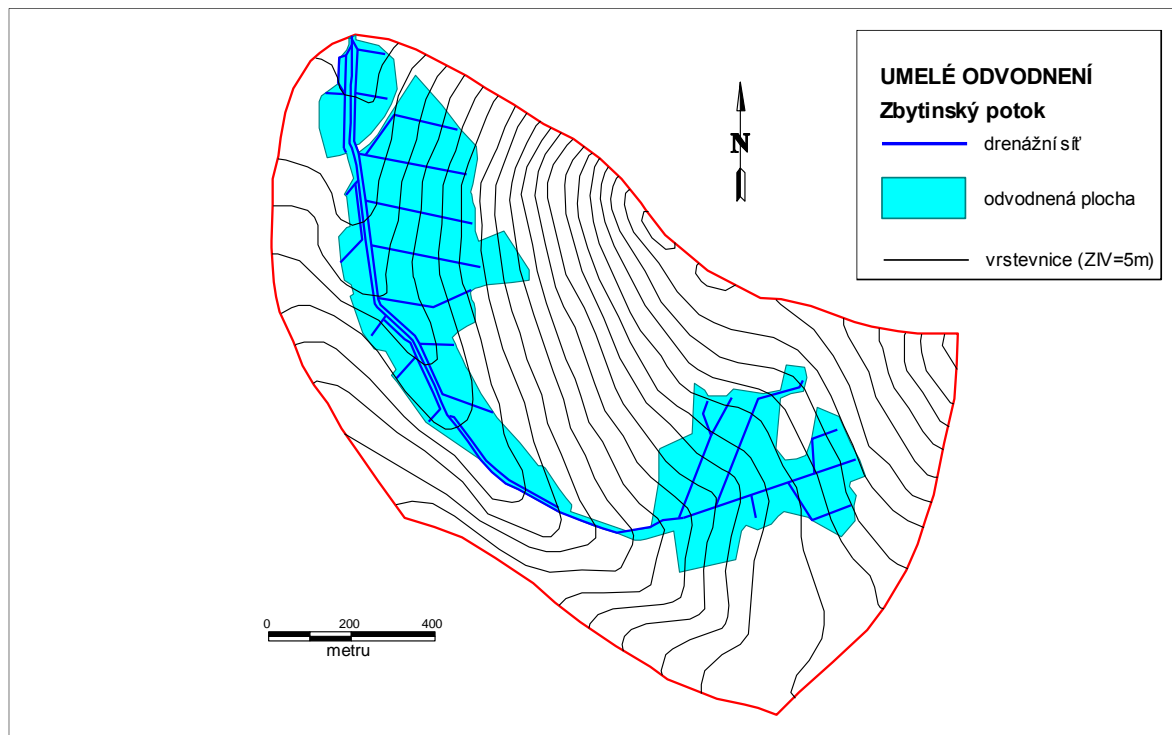
3.7 Umělé odvodnění

Zbytinský potok byl v minulosti odvodněn pomocí podpovrchové trubkové drenážní sítě. Tato skutečnost souvisí s dřívějším využitím území dnešních luk jako orné půdy. V původní podobě byla odvodněna plocha necelých 420 000 m², tedy asi 27 % povodí (viz. obrázek 19). Je třeba říci, že již mnoho let není drenážní síť udržována. Potenciální vliv umělého odvodnění na odtok z povodí je z tohoto důvodu zmírněn. Kromě podpovrchové drenáže bude odtokový proces méně lesnatého povodí ovlivňován sítí uměle vytvořených občasných vodotečí. Ty se nachází jednak ve střední části povodí a vytváří pravostranný suchý přítok, jednak také na dolním toku díky dvěma dvojicím paralelních příkopů, které odvádí vodu z prostoru železniční tratě.

U **Tetřívčího potoka**, jakožto lesního povodí nenajdeme podpovrchovou drenážní síť. Zajímavou skutečností je výskyt bohaté sítě povrchových, uměle vytvořených kanálů. Ty měly v minulosti sloužit k odvodnění zemědělsky využívaných ploch. Kanály vznikaly v době, kdy byl podíl lesa výrazně nižší než dnes. Zmíněná síť vodotečí není udržována, často je zahrazena napadanými dřevinami. Během jarních měsíců se zde vyskytuje stojatá voda z tání sněhu. Dá se jen těžko odhadnout, zda tento zanedbaný systém odvodnění může přispět k rychlejšímu soustředění odtoku. Podle mého názoru budou mít zanesená koryta spíše funkci suchých nádrží tzv. poldrů a budou přispívat k zvýšené retenci vody v povodí. Domnívám se,

že uvedená retenční schopnost se bude projevovat velmi výrazně zvláště v jarních měsících při tání sněhové pokrývky.

Obrázek 19: Podpovrchová drenážní síť v povodí Zbytinského potoka



Zdroj: ZVHS Prachatice, ČÚZK (2005a)

4. STANOVENÍ HODNOT ODTOKOVÝCH KŘIVEK (CN)

4.1 Metoda

Metoda hodnot odtokových křivek je dnes hojně používaná k hydrologickým analýzám určitého území a často vstupuje jako podklad do hydrologického modelování. Metoda umožňuje přibližně stanovit objem přímého odtoku pro srážku o známém celkovém úhrnu. Každé území s heterogenními fyzicko-geografickými charakteristikami lze rozdělit do několika elementárních ploch o stejných předpokladech pro vznik povrchového odtoku. Tento předpoklad je vyjádřen tzv. hodnotou CN (Curve Number) křivky. CN nabývá hodnot od 1 do 100, přičemž hodnota 100 znamená, že celá výška srážky (100 %) odečte v podobě povrchového odtoku. Jedná se v podstatě o syntetický ukazatel několika fyzicko-geografických faktorů (především půdních a vegetačních) ovlivňujících velikost odtoku. Metodu přepracovali do Českých podmínek a popisují JANEČEK et. al. (1992).

Hodnoty odtokových křivek lze odvodit na základě znalosti hydrologických skupin půd (HSP) se současnou znalostí typu pokryvu v uvedené ploše. Katalog průměrných hodnot odtokových křivek v závislosti na vegetačních poměrech a HSP publikovali JANEČEK et. al. (2002).

Ze zalesněných území je možné stanovit hydrologické skupiny půd pomocí map lesních typů. Lesní mapy jsou volně dostupné na internetu (<http://geoportal2.uhul.cz/>). MACKŮ (2008) se zabýval vztahem lesních typů a hydrologických skupin půd.

Pro nezalesněné plochy je možné odvodit hydrologické skupiny půd na základě znalosti hlavních půdních jednotek (HPJ). Vztah mezi HPJ a HSP uvádí JANEČEK (2002). Hlavní půdní jednotky lze odvodit na základě znalosti půdních subtypů z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek (MAŠÁT a VAŇKOVÁ, 1999). Půdní subtypy přitom zjistíme pomocí půdních map (Půdní mapa ČR 1: 50: 000, AOPK).

Průměrná hodnota odtokové křivky povodí se vypočte jako vážený průměr rozlohy elementárních ploch a odpovídajících hodnot CN, kterou zastupují.

Jakmile známe průměrnou hodnotu odtokové křivky pro vybrané povodí, lze vypočítat objem přímého odtoku při znalosti průměrné výšky srážek na povodí podle vzorce (JANEČEK, 1992):

$$H_o = (H_s - 0,2 * S)^2 / (H_s + 0,8 * S)$$

kde

$$S = 25,4 * [(1000 / CN) - 10]$$

Pozn.: Ho je přímý odtok v mm, Hs je srážkový úhrn v mm, CN je číslo odtokové křivky, S je potenciální retence v mm.

Počáteční ztráta na odtoku (Ia v mm) se vypočte podle vzorce:

$$Ia = S * 0,2$$

4.2 Aplikace metody, výsledky

Na základě zdrojů uvedených v kapitole 5.1 jsem sestavil mapy hydrologických skupin půd pro obě povodí (obrázek 14 a 15). Z obrázků je zřejmé, že se povodí výrazně liší. V povodí Zbytinského potoka dominuje hydrologická skupina půd „B“ tvořící necelé 2/3 plochy povodí. Skupina C je zastoupena téměř 1/3 a skupina D necelými 5 % plochy povodí. Oproti tomu je situace na Tetřívčím potoce více vyrovnaná- největší rozdíl je v zastoupení HSP „D“, tedy půd nejprůhodnějších ke generaci povrchového odtoku. Půdy hydrologické skupiny D tvoří v lesnatém povodí asi 22 % celkové rozlohy. Hydrologické vlastnosti půd tedy přispívají výskytu větších odtokových vln v povodí Tetřívčího potoka.

V prostředí MapInfo jsem průnikem vrstev pokryvu a hydrologických skupin půd stanovil elementární plochy o stejné hodnotě CN. Na základě váženého průměru jsem pro obě povodí stanovil průměrnou hodnotu odtokové křivky CN. Výsledky zachycuje tabulka 5 a 6.

Průměrná hodnota CN pro povodí Zbytinského potoka je 62,8 a pro povodí Tetřívčího potoka vychází velmi podobně (61,9). Je to důsledek antagonistického působení půdních vlastností a využití území (např. lesní povodí má více příznivé HSP, ale méně příznivé zastoupení pokryvu ke vzniku povrchového odtoku). Z uvedených výsledků vyplývá, že obě povodí mají velmi podobné předpoklady k tvorbě povrchového odtoku. Diskuze o metodě a výsledcích je v kapitole 9. Podkladový katalog hodnot CN podle JANEČKA et. al. (2002) je v příloze 4. Třídy lesních typů a odpovídající třída HSP podle MACKŮ (2008) je uvedena v příloze 5. Vztah mezi půdními typy, hlavními půdními jednotkami a hydrologickými skupinami půd podle je rovněž v příloze 5.

Tabulka 5: Zastoupení ploch u o dané hodnotě CN v povodí Zbytinského potoka

Hydrologická skupina půd		A	B	C	D	celkem (m ²)	% plochy povodí
les	plocha (m2)	0	365719	116124	58104	539946	34,8
	% plochy povodí	0	24	8	4		
	CN	30	55	70	77		
louka sečená, zahrada, mýtina	plocha (m2)	0	551140	311027	7221	869389	56,0
	% plochy povodí	0	36	20	1		
	CN	30	58	71	78		
louka přirozená s křovinami, s občasnými stromy	plocha (m2)	0	26300	74603	6062	106965	6,9
	% plochy povodí	0	2	5	0		
	CN	48	67	77	83		
zastavěná plocha	plocha (m2)	0	27399	7367	290	35055	2,3
	% plochy povodí	0	2	1	0		
	CN	98	98	98	98		
celkem (m ²)		0	970558	509120	71677	1551354	100,0
% plochy povodí		0,0	62,6	32,8	4,6		

Průměrná hodnota odtokové křivky CN (ZB) = 62,8

Tabulka 6: Zastoupení ploch u o dané hodnotě CN v povodí Tetřívčího potoka

hydrologická skupina půd		A	B	C	D	celkem (m ²)	% plochy povodí
les	plocha (m2)	0	591198	213190	294398	1098786	67,9
	% plochy povodí	0	37	13	18		
	CN	30	55	70	77		
louka sečená, zahrada, mýtina	plocha (m2)	0	228896	45394	3725	278015	17,2
	% plochy povodí	0	14	3	0		
	CN	30	58	71	78		
louka přirozená s křovinami, s roztroušenými stromy	plocha (m2)	0	66049	119735	43304	229088	14,2
	% plochy povodí	0	4	7	3		
	CN	48	67	77	83		
zastavěná plocha	plocha (m2)	0	5699	4061	1085	10845	0,7
	% plochy povodí	0	0	0	0		
	CN	98	98	98	98		
vodní plocha	plocha (m2)	0	577	0	0	577	
	% plochy povodí	0	0	0	0		
	CN						
celkem (m ²)		0	891841	382380	342513	1617414	100,0
% plochy povodí		0,0	57,5	24,6	22,1		

Průměrná hodnota odtokové křivky CN (TE) = 61,9

Pozn.: obě tabulky sestaveny podle JANEČEK (2002), MACKŮ (2008), Půdní mapa ČR 1: 50: 000, AOPK, MAŠÁT a VAŇKOVÁ (1999)

5. SRÁŽKOVÉ POMĚRY

Kapitola je rozčleněna na několik částí. První dvě podkapitoly jsou věnovány problematice získávání a zpracování srážkoměrných údajů. Třetí podkapitola popisuje dlouhodobý režim srážkových poměrů v zájmové oblasti. Poslední část je zaměřena na detailnější analýzu období (květen 2006 – říjen 2008).

5.1 Měrné stanice

Základním předpokladem poznání srážkových poměrů v oblasti výzkumných povodí jsou analýzy založené na naměřených datech. K tomuto účelu jsou v zájmové oblasti k dispozici údaje ze tří srážkoměrných stanic.

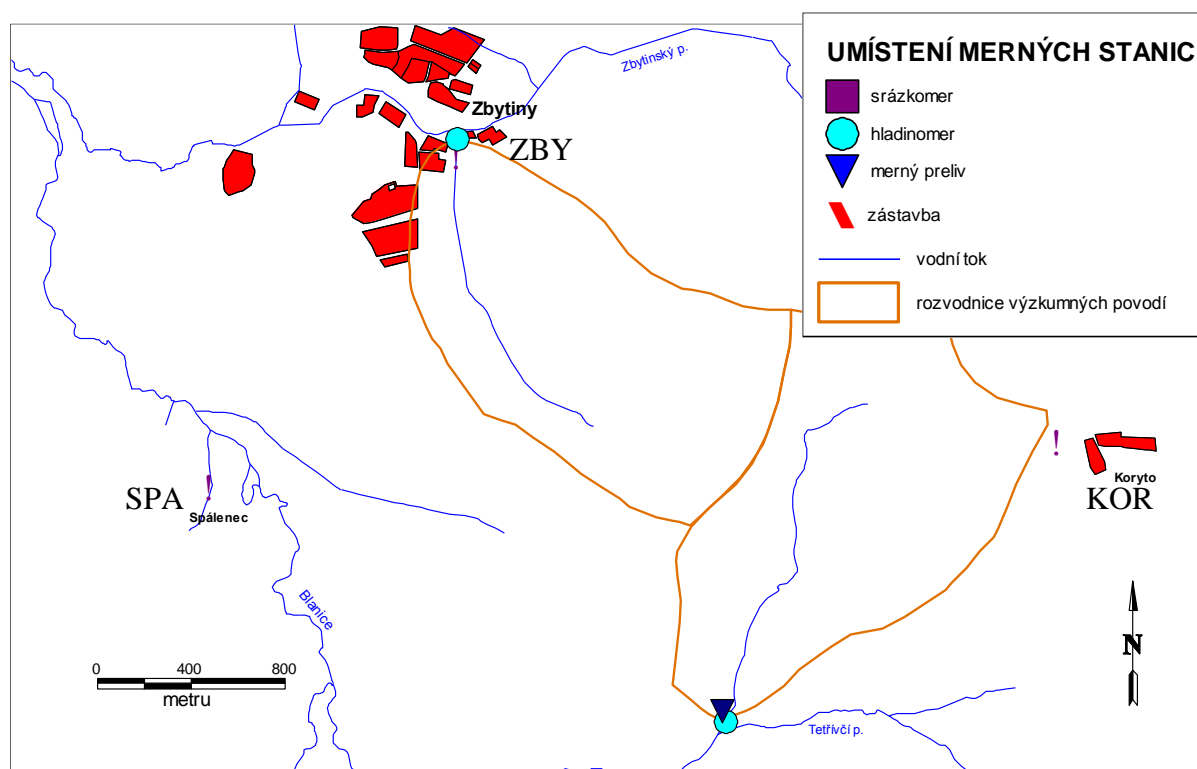
Srážkoměr v blízkosti závěrového profilu méně lesnatého povodí - **Zbytiny (ZBY)** je umístěn na otevřené ploše nedaleko nízkých křovin a stromů na okraji stejnojmenné obce v nadmořské výšce 786 m. Data o spadlých srážkách jsou zde zapisována v podobě desetiminutových úhrnů s rozlišovací schopností 0,1 mm. Srážkoměr není v provozu po celý hydrologický rok. Z důvodu možného poškození mrznoucí vodou byl během zimních měsíců v období (1. 11. 2006 – 12. 4. 2007) a (8. 11. 2007 – 31. 3. 2008) dočasně odstaven. Během těchto období jsou tak k dispozici pouze hodnoty denních srážkových úhrnů z ombrometru ČHMÚ Zbytiny ve **Spálenci (SPA)**.

Ve stanici SPA jsou srážkové úhrny počítány pro 24 hodinový úsek se začátkem v 07:00 hodin výchozího dne a koncem v 07:00 hodin dne následujícího (denní srážkový úhrn pro 8. 6. 2006 reprezentuje tedy období končící 9. 6. 2006 v 7 hodin zimního času). Stanice SPA, ležící 787 m n.m. má přibližně severovýchodní expozici. Kromě denních srážkových úhrnů stanice zaznamenává také údaje o výšce sněhové pokrývky v denním kroku a dále vodní hodnoty sněhu (1x týdně každé pondělí v 7:00).

Dne 10. 4. 2008 byl kvůli větší přesnosti nainstalován automatický srážkoměr v blízkosti obce **Koryto (KOR)**. Stanice ležící 922 m n.m. je exponována směrem k východu až jihovýchodu a zapisuje srážkové úhrny v desetiminutovém kroku. Stejně jako v případě stanice ZBY se jedná o automatický srážkoměr SR03 se zachytanou plochou 500 cm², který funguje na principu děleného překlápěcího člunku. Každé překlopení je detekováno elektrickým pulzem. Rozlišovací schopnost srážkoměru je 0,1 mm srážkového úhrnu.

Spolu s údaji o dalších měřených veličinách (vodní stav, průtok, teplota vzduchu) jsou data odesílána jednou denně pomocí sítě GSM/GPRS na datový server www.fiedler-magr.cz/. Odtud je možné data stahovat a prohlížet. Schéma přenosu dat z měrných stanic zachycuje příloha 6. Umístění srážkoměrných stanic zachycuje obrázek 20. V příloze 7 a 8 a na obrázku 30 jsou fotografie srážkoměrů pořízené v terénu.

Obrázek 20: Umístění měrných stanic



Pozn. Srážkoměr ve Spálenici je majetkem ČHMÚ, který měření zajišťuje

5.2 Data

5.2.1 Sběr dat

Naměřená data ve stanicích ZBY a KOR byla průběžně stahována z webového portálu www.fiedler-magr.cz/ a ukládána do souborů ve formátu .xls. Jako optimální, vzhledem k objemu dat, se ukázalo vytvořit pro každé povodí zvláštní soubor, který reprezentuje hydrologický kvartál. V jedné tabulce byly kromě srážkových úhrnů zaznamenány také další hodnoty všech měřených charakteristik v desetiminutovém kroku. Údaje o denních úhrnech srážek ve stanici SPA byly získány od ČHMÚ (2008).

5.2.2 Absence, chyby v datech

K absenci srážkových dat docházelo v automatických stanicích ZBY a KOR v zimním půlroce jejich odstavením, v půlroce letním pak obvykle zanesením těchto zařízení. Zanesení srážkoměru se projevilo v záznamech neobvykle dlouhým časovým úsekem s velmi nízkými hodnotami srážkových úhrnů, který byl zakončen neobyčejně vysokou hodnotou. Tato situace se opakovaně vyskytla např. v srpnu 2006.

K dalším zdrojům chyb patří výskyt tuhých srážek v období letního půlroku, na jejichž měření nejsou automatické srážkoměry uzpůsobeny. Tyto chyby jsou ze záznamů méně čitelné. Výskyt těchto chyb lze odhadnout na základě porovnání naměřených teplot vzduchu (ty jsou v blízkosti automatických srážkoměrů také měřeny) a údajů o sněhové pokrývce ve stanici SPA. K úplné absenci údajů o srážkách v rámci kratšího časového intervalu docházelo jen zcela výjimečně. Kompletní přehled o obdobích s chybějícími záznamy o srážkách je uveden v tabulce 7.

Tabulka 7: Chybějící údaje o srážkách

srážkoměr	datum, čas absence záznamů	příčina
ZBY	3. 8. 2006, 6:00 - 30. 8. 2006, 16:00	ucpaný srážkoměr
	9. 7. 2007, 14:00 -11. 7. 2007, 10:30	ucpaný srážkoměr
	27. 9. 2007, 5:00 – 1. 10. 2007, 8:50	ucpaný srážkoměr
	22. 10. 2008, 0:00 – 31. 10. 24:00	zamrzání
KOR	22. 4. 2008, 5:40 – 29. 4. 2008, 5:20	chyba v nastavení
	21. 9. 2008, 7:50 – 22. 9. 2008, 12:20	?
	16. 10. 2008, 0:00 – 17. 10. 2008, 14:10	?
	30. 10. 2008, 0:00 – 31. 10. 2008, 24:00	zamrzání

Pozn.: ? znamená, že nebyla nalezena jednoznačná příčina výpadku měření

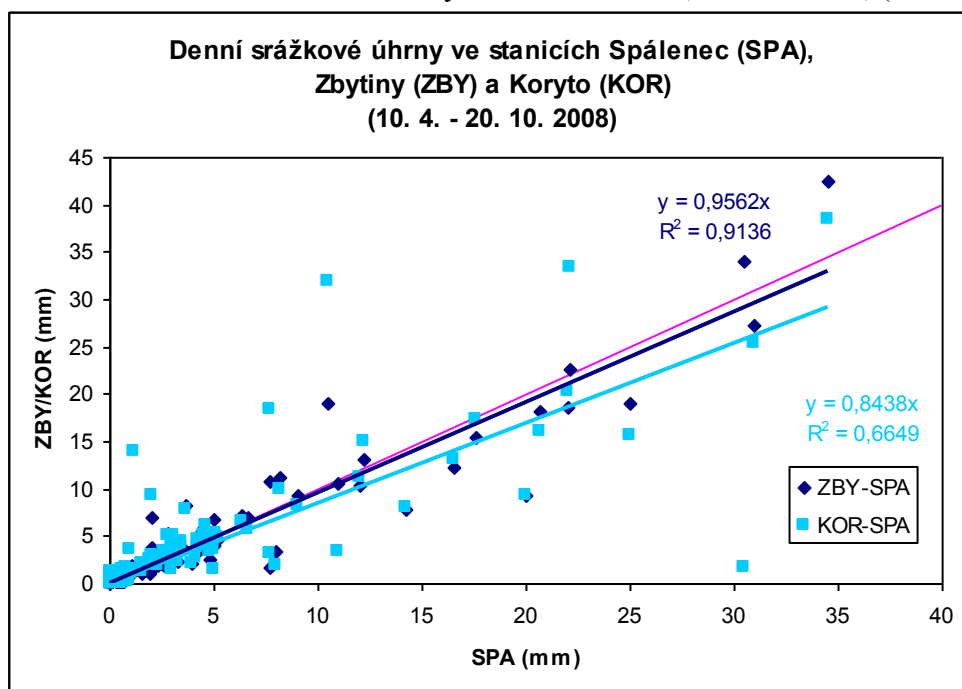
5.2.3 Úprava nekonzistentních dat

Shromážděná data o srážkách byla nejdříve vizualizována společně s údaji o výšce hladin obou zkoumaných toků. Tento postup měl odhalit nesoulad mezi příčinnými a závislými proměnnými. Dále byly v programu MS Excel vypočteny hodinové a denní úhrny srážek. Každý hodinový úhrn byl vypočítán sečtením šesti desetiminutových srážkových úhrnů (např. hodinový srážkový úhrn reprezentující 16. hodinu je součtem úhrnů z 15:10, 15:20, ...až 16:00 hod). Denní srážkový úhrn např. z 14. června je vypočítán sečtením všech hodinových úhrnů počínaje 1. hodinou a konče 24. hodinou uvedeného dne.

Odvozené denní úhrny srážek z obou automatických stanic byly porovnány s údaji ze stanice SPA. Pro tento účel byly nejdříve pro oba automatické srážkoměry vypočteny alternativní denní srážkové úhrny se začátkem v 7:00 hodin a koncem v 7:00 hodin následujícího dne. Na základě porovnání záznamů mezi jednotlivými stanicemi byly vytypovány nepravděpodobně se chovající záznamy (viz. zmíněná situace ze srpna 2006). Korelace denních srážkových úhrnů ve všech stanicích prokázala, že v období zimního půlroku je možné vycházet s relativně malou chybou z údajů ve stanici SPA (viz. obrázek 21). Co se týká automatických stanic (ZBY, KOR), lze pro většinu situací s poměrně malou chybou, vzájemně nahrazovat chybějící hodinová data. V případě dlouhotrvajících srážek o nízké intenzitě obvykle i data desetiminutová.

V celé databázi získaných srážkoměrných údajů byly barevně odlišeny tři stupně věrohodnosti údajů: 1) údaje naměřené, spolehlivé, 2) údaje doplněné, pravděpodobné a 3) údaje chybějící, nespolehlivé.

Obrázek 21: Denní srážkové úhrny ve stanicích SPA, ZBY a KOR, (duben – říjen 2008)



Pozn.: růžová čára znázorňuje průběh funkce $y=x$, osa y reprezentuje vždy pouze jeden z uvedené dvojice srážkoměrů.

5.3 Hodnocení srážkových poměrů ve stanici ČHMÚ Zbytiny (SPA) v letech 1961 – 2008

Srážkoměrná stanice ČHMÚ Zbytiny se nachází v blízkosti železniční stanice Spálenec asi 2 km od rozvodnice obou zájmových povodí (viz. obrázek 20). Pro odlišení této stanice od automatického srážkoměru lokalizovaného přímo v obci Zbytiny je stanice ČHMÚ v této práci nazývána **Spálenec (SPA)**. Stanice SPA zaznamenává denní srážkové úhrny od 1. 6. 1984. Během této doby se vyskytly výpadky měření v letech 1985, 1991 a 1992 vázané především na období zimních měsíců. Od ledna 1961 jsou k dispozici hodnoty měsíčních srážkových úhrnů, odvozené z okolních stanic. Údaje o srážkových úhrnech uskutečněných během jednotlivých hydrologických let jsou tedy dostupné od roku 1962.

5.3.1 Hodnocení ročních srážkových úhrnů

Vývoj ročních srážkových úhrnů počínaje hydrologickým rokem 1962 je zaznamenán na obrázku 22. Základní statistické charakteristiky této datové řady uvádí poslední řádek tabulky 10. Roky s nejvyššími úhrny srážek jsou seřazeny v tabulce 8. Roky s nejnižšími úhrny srážek jsou seřazeny v tabulce 9. Maximální hodnotu vykazuje hydrologický rok 2002 (1386,1 mm), minimální hodnotu pak h. r. 1973 (557,6 mm). Průměrný roční srážkový úhrn za období (1962-2008) je 736,4 mm, hodnota mediánu je nižší (701,8 mm). Roky 2006 – 2008 patří z pohledu téměř 50-ti leté časové řady k srážkově nadprůměrným. Stanovenou průměrnou hodnotu ročního srážkového úhrnu překračují o 8,6 – 16,5 % a to je řadí na 8. až 12. místo nejvyšších ročních úhrnů.

Tabulka 8: Hydrologické roky s nejvyššími srážkovými úhrny

rok	mm
2002	1386,1
1966	937,9
1995	922,9
2005	916,9
1979	894,3
1974	863,3
1965	862,6
2008	858,2
1996	845,8
1967	840,9
2007	812,6
2006	799,9

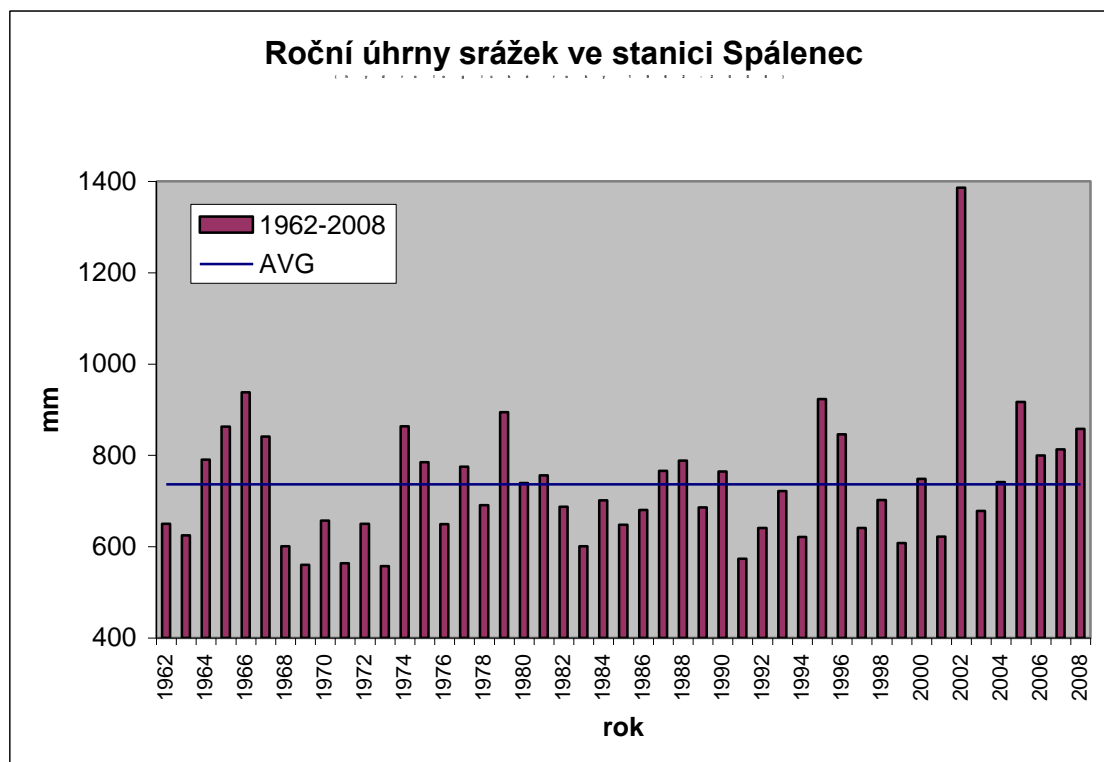
Pozn.: zvýrazněny jsou roky, kde je k dispozici záznam z automatických srážkoměrů, ČHMÚ (2008)

Tabulka 9: Roky s nejnižšími srážkovými úhrny

rok	mm
1973	557,6
1969	560,0
1971	563,3
1991	573,1
1983	600,7

Zdroj: ČHMÚ (2008)

Obrázek 22: Roční srážkové úhrny ve stanici SPA (1962 – 2008)



Pozn.: AVG značí hodnotu průměrného ročního srážkového úhrnu, ČHMÚ (2008)

5.3.2. Hodnocení měsíčních úhrnů srážek

Základní statistické ukazatele měsíčních srážkových úhrnů ve SPA udává tabulka 10. V průměru spadlo nejvíce srážek v červenci, červnu a srpnu. Nejméně naopak v únoru, lednu a říjnu. Největší rozkolísanost je podle hodnoty směrodatné odchylky zaznamenána v srpnu a nejmenší v listopadu. Nejvyšší měsíční srážkový úhrn se uskutečnil v srpnu 2002, kdy spadlo celkem 452,4 mm. V období měření pomocí automatických stanic bylo srážkově nejvýraznější září 2007. Od roku 1961 se jednalo o 6. měsíc s nejvyšším měsíčním úhrnem. Tabulka 11 udává deset nejvyšších měsíčních úhrnů srážek.

Nejmenší zaznamenaný srážkový úhrn se uskutečnil v říjnu 1965, odvozená hodnota z dat okolních stanic je rovna 0,6 mm. Historicky třetím měsícem (od ledna 1961) s nejnižším

srážkovým úhrnem byl duben 2007, na sedmém místě je pak říjen 2006. Deset nejnižších měsíčních úhrnů je v tabulce 12.

Tabulka 10: Statistické charakteristiky měsíčních, sezónních a ročních srážkových úhrnů, SPA (1961 – 2008)

srážkové úhrny v mm					
měsíc	AVG	MED	MIN	MAX	SMOD
1	43,2	34,9	8,5	118,2	27,5
2	41,5	36,0	4,0	111,8	29,0
3	49,0	40,9	14,2	127,3	25,2
4	47,4	42,5	2,7	116,0	26,2
5	77,8	76,1	15,0	202,1	35,0
6	89,8	86,2	32,1	185,4	34,4
7	91,2	93,9	35,1	168,4	34,5
8	88,8	73,8	7,5	452,4	68,3
9	59,1	52,9	9,9	178,1	33,7
10	45,1	33,5	0,6	136,2	34,6
11	48,0	45,9	16,9	89,6	17,5
12	54,0	47,4	4,3	140,0	33,9
XI-IV	283,9	285,3	153,8	420,7	63,7
V-X	452,5	428,5	281,5	982,8	109,8
XI-X	736,4	701,8	557,6	1386,1	140,6

Pozn.: AVG značí aritmetický průměr, MED je medián, MIN je nejnižší hodnota, MAX je nejvyšší hodnota, SMOD je směrodatná odchylka, řádek XI-IV reprezentuje charakteristiky vztažené ke srážkovým úhrnům v období zimního půlroku, V-X reprezentuje období letního půlroku, XI-X reprezentuje období jednoho hydrologického roku, ČHMÚ (2008)

Informace o četnosti zastoupení srážkových úhrnů vybrané velikosti v rámci měsíců lze najít v tabulce 13. Od roku 1961 byl měsíční srážkový úhrn o hodnotě 100 mm překročen nejčastěji v červenci, červnu a srpnu. S narůstající extremitou srážky se výrazněji profiluje srpen a dále květen. Z hlediska nízkých měsíčních úhrnů je nejčastěji zastoupen říjen a dále únor.

O distribuci srážek v rámci letního (V-X) a zimního půlroku (XI-IV), lze říci, že letní půlrok se podílí na celoročních srážkách v průměru z asi 61 %. S narůstající hodnotou ročního srážkového úhrnu obvykle mírně posiluje podíl letního půlroku (v roce 2002 spadlo v období V-X asi 71 % ročního srážkového úhrnu). Vývoj srážkových úhrnů v rámci letního půlroku ukazuje příloha 9.

Tabulka 11: Měsíce s nejvyššími srážkovými úhrny

rok	měsíc	mm
2002	8	452,4
1965	5	202,1
1964	8	201,7
1979	6	185,4
1966	8	178,6
2007	9	178,1
1962	5	174,2
1969	6	169,4
1977	8	168,6
1981	7	168,4

Pozn.: zvýrazněny jsou měsíce, kde je k dispozici záznam z automatických srážkoměrů, ČHMÚ (2008)

Tabulka 12: Měsíce s nejnižšími srážkovými úhrny

rok	měsíc	mm
1965	10	0,6
1969	10	2,4
2007	4	2,7
1976	2	4
1972	12	4,3
1968	2	4,7
2006	10	5,2
1963	12	5,2
1973	8	7,5
1995	10	8,4

Pozn.: zvýrazněny jsou měsíce, kde je k dispozici záznam z automatických srážkoměrů, ČHMÚ (2008)

Tabulka 13: Četnost zastoupení srážkových úhrnů dané velikosti v rámci jednotlivých měsíců

měsíc	H<5mm	H<10mm	H<20mm	H>100mm	H>150mm	H>200mm
1		4	11	2		
2	2	3	13	5		
3			4	3		
4	1	1	7	3		
5			1	7	2	1
6				16	2	
7				19	2	
8		1	2	13	5	2
9		1	4	6	1	
10	2	6	17	5		
11			1			
12	1	2	7	5		
XI-IV	4	10	43	18	0	0
V-X	2	8	24	66	12	3
XI-X	6	18	67	84	12	3

Pozn.: řádek XI-IV reprezentuje četnosti vztažené ke srážkovým úhrnům za období zimního půlroku, V-X obdobně reprezentuje období letního půlroku, XI-X reprezentuje celé sledované období (1961-2008), sloupec H<5mm znamená měsíční úhrny nižší než 5 mm, atd., ČHMÚ (2008)

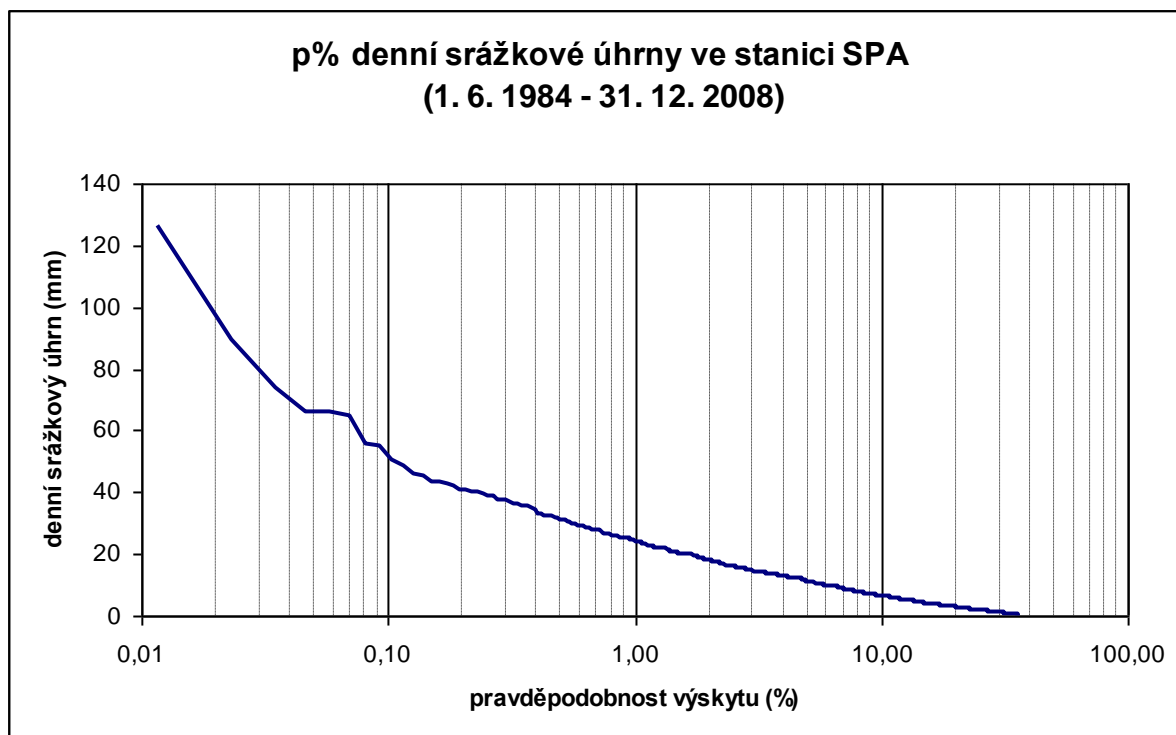
5.3.3. Hodnocení denních úhrnů srážek

Denní srážkové úhrny jsou ve stanici SPA k dispozici od 1. června 1984. Tabulka 14 uvádí deset nejvyšších denních úhrnů srážek ve stanici Spálenec. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána 11. srpna 2002, kdy spadlo celkem 126,6 mm srážek. Extremitu povodní ze srpna 2002 dokládají i další denní srážkové úhrny z tohoto období (čtyři z pěti nejvyšších zaznamenaných hodnot).

V období, ve kterém měřily automatické stanice (květen 2006 – říjen 2008), se vyskytlo hned několik extrémů. Srážka ze 6. září 2007 je třetím nejvyšším denním srážkovým úhrnem od června 1984. Situace z 12. srpna a 29. června 2006 se řadí na 6. a 9. místo.

Obrázek 23 zachycuje vztah mezi denními srážkovými úhrny a pravděpodobností jejich výskytu ve stanici Spálenec za období 1984-2008. V 63 % dnů nebyla naměřena žádná srážka. V 13 % dnů srážka dosáhla, či překročila hodnotu 1 mm. Srážkový úhrn 10 mm byl dosažen či překročen v 6 % dnů, 20 mm v 1,7 % dnů a 50 mm celkem devětkrát (0,1 % dnů). Četnost zastoupení vysokých denních srážkových úhrnů v jednotlivých měsících období (červenec 1984 - prosinec 2008) je uvedena v příloze 10.

Obrázek 23: Pravděpodobnost výskytu denního srážkového úhrnů dané velikosti, stanice SPA (1. 6. 1984 – 31. 12. 2008)



Zdroj: sestaveno podle ČHMÚ (2008)

Tabulka 14: Nejvyšší denní srážkové úhrny, stanice SPA (1. 6. 1984 -31. 12. 2008)

datum	mm
11.8.2002	126,6
7.8.2002	89,7
6.9.2007	74
12.8.2002	66
6.8.2002	65,9
12.7.2006	64,8
11.5.1990	56
6.8.1985	55,2
29.6.2006	50,6
21.8.2002	48,4

Pozn.: zvýrazněny dny, kde je k dispozici záznam z automatických srážkoměrů, ČHMÚ (2008)

5.4 Hodnocení srážkových poměrů během monitorovaného období (květen 2006 - říjen 2008)

5.4.1 Hodnocení měsíčních srážkových úhrnů

Přehled naměřených měsíčních úhrnů je uveden v příloze 11. Nejvyšší měsíční srážkový úhrn se vyskytl v září 2007 v souvislosti s několik dní trvajícím regionálním deštěm. Z hlediska tvorby odtoku se však mnohem výrazněji projevíly srážkové události z června a srpna 2006 (2. a 3. nejvyšší měsíční úhrn za zkoumané období ve stanici SPA). Nejméně srážek bylo ve stanici SPA naměřeno v dubnu 2007 a dále v říjnu 2006. Vývoj měsíčních úhrnů srážek za celé zkoumané období ve stanici SPA je znázorněn na obrázku 24.

Letní půlrok 2006 byl ve znamení extrémů. Nejvýraznější srážkovou činnost trvající od června do srpna vystřídal nejsušší dvouměsíční období za celou dobu měření automatických srážkoměrů.

První dva měsíce hydrologického roku 2007 byly srážkově poměrně chudé. Lednové oteplení na hodnoty okolo bodu mrazu přineslo vydatné srážky. Sněhová pokrývka odtála díky výskytu vysokých teplot již v první polovině února. Sníh následně napadl až ve druhé polovině března, ale do konce měsíce všechen odtál. Dubnové nízké teploty a suchost vzduchu přinesly abnormálně nízký úhrn srážek. Po srážkově vydatnějším květnu se vyskytly poměrně nevýrazné letní bouřkové situace v červenci a srpnu. Výjimkou byla blesková událost z ranních hodin dne 19. července, kdy v průběhu deseti minut zaznamenal srážkoměr ZBY více než 28 mm srážek (3,5 % ročního úhrnu). V obci Zbytiny vítr napáchal velké škody. V měsíci září došlo k velmi vydatným regionálním srážkám, především 5. a 6. září.

Jednalo se o srážkově nejvýraznější událost (nejdelší trvání, nejvyšší srážkový úhrn, poměrně velká průměrná intenzita srážky) hydrologického roku 2007, která se projevila výskytem maximálních ročních kulminačních průtoků v obou povodích.

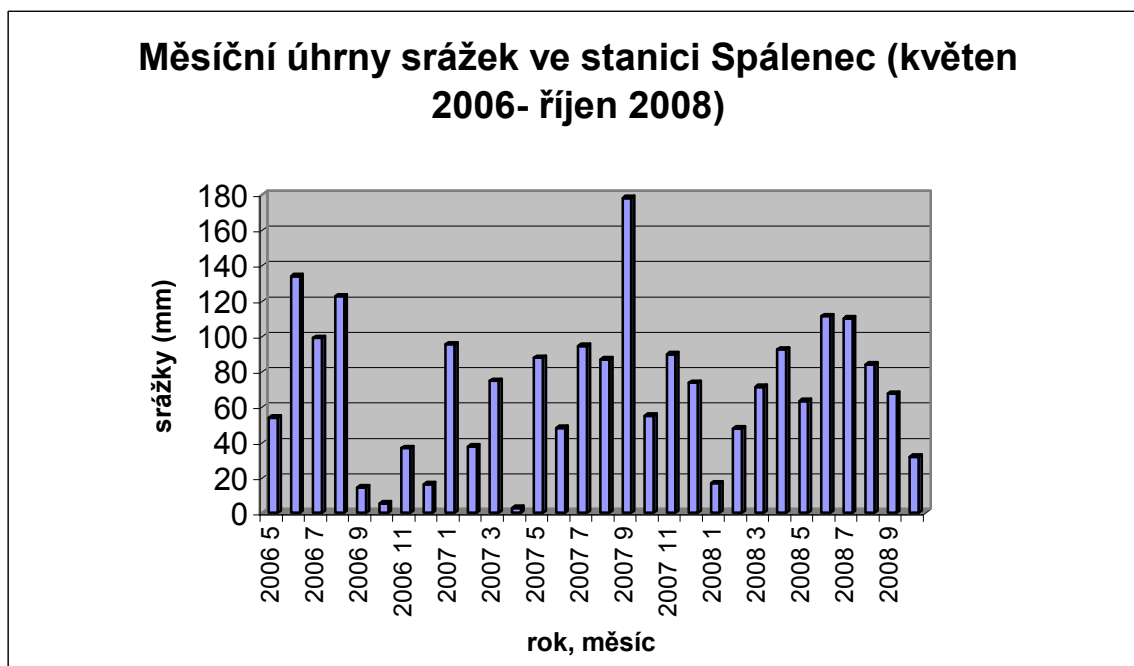
První dva měsíce hydrologického roku 2008 byly ve znamení vysokých srážkových úhrnů. Leden byl velmi chladný a chudý na srážky. Od února do dubna srážkové úhrny výrazně vzrostly, sněhové srážky byly vystřídány dešťovými přeháňkami. Po sušším květnu následovaly dva srážkově nejvydatnější měsíce tohoto roku. Poté docházelo k postupnému poklesu srážkových úhrnů.

Oproti roku 2007 došlo v roce 2008 k nárůstu srážkového úhrnu ve stanici SPA o přibližně 40 mm (asi o 5 %). Je to důsledek výrazně vyšších úhrnů srážek v zimním půlroce (přibližně o 120 mm více roce 2008). V letním půlroce naopak došlo oproti hydrologickému roku 2007 k poklesu srážek. Hydrologický rok 2008 je z pohledu měsíčních úhrnů srážek vyrovnanější než rok 2007.

Nejvíce srážek spadlo v období (květen 2006 – říjen 2008) ve SPA v průměru v červenci (101,1 mm), dále v červnu a srpnu (shodně 97,7 mm). Nejméně srážek bylo ve stanici SPA naměřeno v říjnu (30,6 mm) a únoru (42,6 mm). Stanice ZBY vykazuje v letním půlroce podobné hodnoty jako stanice SPA. Nejnížší průměrný úhrn srážek zde připadá na říjen (34 mm). Nejvyšší úhrn srážek ve stanici ZBY je v průměru v červnu (104,5 mm) a červenci (96,8 mm).

Na základě korelace měsíčních úhrnů srážek lze říci, že nejtěsnější vztah je mezi stanicemi SPA a ZBY (korelační koeficient 0,97). Menší míra těsnosti se v sledovaném období projevila mezi stanicemi ZBY a KOR (0,86) a mezi SPA a KOR (0,83). Vzhledem k blízké vzdálenosti a téměř stejné nadmořské výšce lze očekávat, že i v zimním půlroce budou hodnoty měsíčních úhrnů srážek ve stanicích SPA a ZBY velmi podobné. Z tohoto důvodu se jeví jako dostatečné, doplnit pro výpočet roční hydrologické bilance chybějící údaje pro stanici ZBY údaji ze srážkoměru SPA.

Obrázek 24: Měsíční úhrny srážek ve stanici Spálenec (květen 2006-říjen 2008)



Zdroj: ČHMÚ (2008)

5.4.2 Hodnocení denních srážkových úhrnů

Z celkového počtu 915 dnů, během nichž máme k dispozici data o srážkách alespoň z jedné stanice, zachytil srážkoměr SPA 355 srážkových dní (39 procent). Na letní půlrok připadá v rámci monitorovaného období celkem 552 dní. Z tohoto počtu bylo ve stanici SPA zaznamenáno 217 srážkových dní (39 %).

Za období (květen 2006 – říjen 2008) bylo ve stanici Spálenec zaznamenáno dohromady 57 dní (asi 6 % z celkového počtu dní), ve kterých byly naměřeny srážky vyšší než 10 mm. Denní srážkové úhrny nad 10 mm se častěji vyskytovaly v letní části roku (39 dní, tedy asi 7 % z počtu všech dní letního půlroku). Nejvíce srážkových dní s úhrnem větším než 10 mm zaznamenala stanice SPA v srpnu (10 dní) a červenci (9 dní), naopak nejméně v únoru (1 den za dvě sezóny) a říjnu (2 dny za tři sezóny).

V průběhu období (květen 2006 – říjen 2008) byl ve stanici ZBY zaznamenán shodný počet srážkových dnů s úhrnem nad 10 mm pro měsíce květen až červenec. Data ze srpna 2006 nejsou pro porovnání k dispozici, pokud však extrapolujeme data ze stanice SPA, pak dostaneme 8 popřípadě 9 takových dnů. Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti, pro všechny srážkoměrné stanice, v jednotlivých měsících hydrologických let 2006 až 2008, je uvedena v příloze 12 až 14.

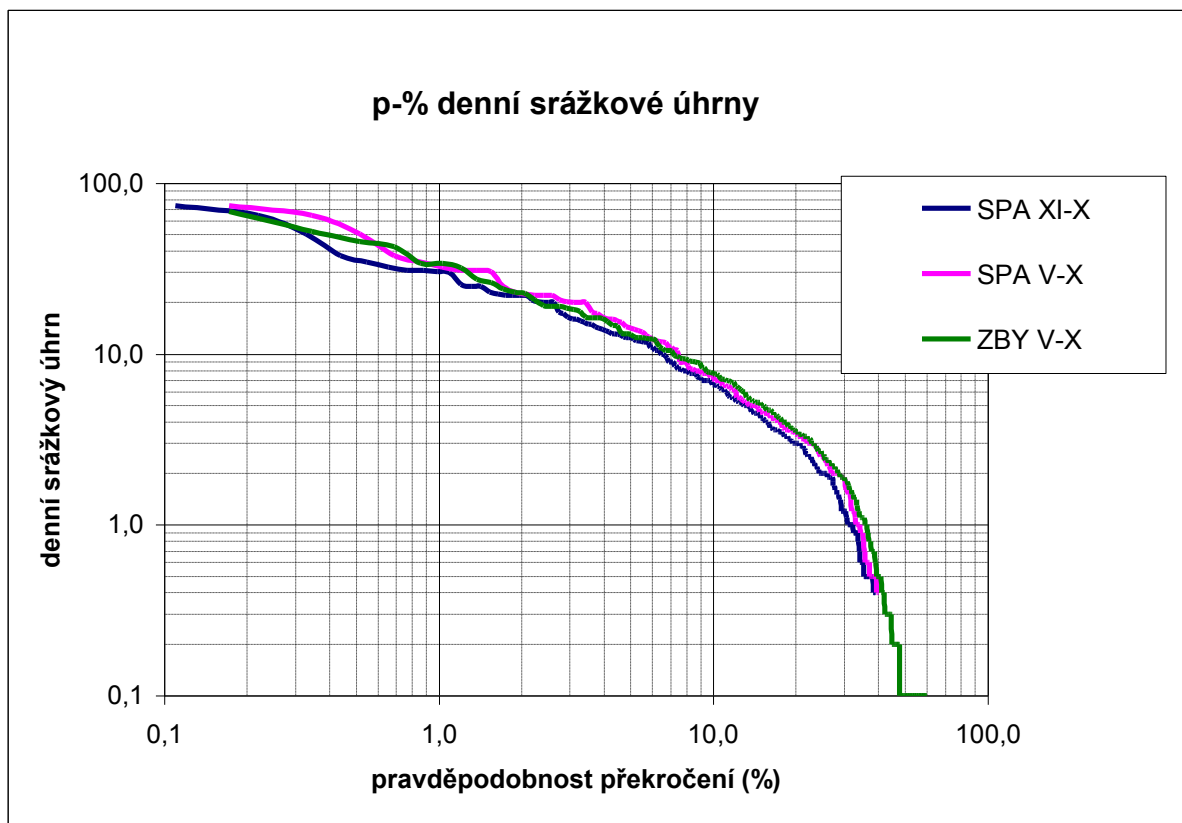
Nejvyšší maximální denní úhrn srážek se vyskytl dne 6. září 2007 a dosáhl hodnoty 74,0 mm (SPA), respektive 68,1 mm (ZBY). Uvedené hodnoty reprezentují denní srážkové úhrny za období (6. 9. 7:00 – 7. 9. 7:00 hodin). Dalším dnem s výrazným srážkovým úhrnem byl 12. červenec 2006 s hodnotou 64,7 mm (SPA), respektive 45,5 mm (ZBY) a 29. červen 2006 (50,6 mm ve SPA a 52,5 mm ve ZBY). Hodnoty opět reprezentují denní srážkové úhrny za období od 7:00 hodin výchozího dne do 7:00 hodin dne následujícího. Maximální denní úhrny srážek jsou uvedeny pro jednotlivé měsíce v přílohách 12 až 14.

Na obrázku 25 jsou znázorněny pravděpodobnosti překročení denních úhrnů srážek – jednak pro stanici SPA za celé monitorované období, jednak pro tutéž stanici v období letního půlroku, a nakonec pro stanici ZBY v letním půlroce. Průběh vyobrazených linií je poznamenán rozdíly v přesnosti mezi automatickou stanicí a profesionální stanicí ČHMÚ s menší rozlišovací schopností. Z obrázku 25 je patrné, že v rámci celého monitorovaného období asi 60 % dnů vůbec nevypadávaly srážky. Naopak v 10-ti procentech všech dnů byly srážkové úhrny vyšší než 6 mm a v 1 % dnů byl srážkový úhrn vyšší než 30 mm. Rozdíly mezi stanicemi SPA a ZBY nejsou výrazné. Ve stanici Spálenec jsou při stejné pravděpodobnosti výskytu v období letního půlroku vyšší úhrny srážek než v zimním půlroce.

V rámci období (květen 2006 – říjen 2008) byly dále analyzovány také déletrvající období beze srážek, popř. období, kdy srážkové úhrny dosahovaly velmi nízkých hodnot. Nejdéle trvající suché epizody se uskutečnily během října 2006 a dubna 2007. Nejdelší suché období podle stanice SPA trvalo od 28. září 2006 do 27. října 2006, bylo tedy dlouhé celkem 30 dnů. V období trvajícím 41 dnů (od 24. 3. 2007 do 3. 5. 2007) se vyskytly pouze podružné srážky o celkovém úhrnu 2,7 mm. Dalšími suchými epizodami byla období od 16. 12. 2007 do 29. 12. 2007 a od 15. 7. 2006 do 27. 7. 2006.

Automatická stanice ZBY zaznamenávala suchá období pouze v letní polovině roku. Nejvýraznější suché období trvalo 23 dnů (od 5. října do 27. října 2006). Během této epizody spadly drobné srážky o úhrnu 1,1 mm. Další výrazná situace se objevila v období od 15. července do 27. července 2006 (podružné srážky měly úhrn 0,4 mm). Mezi stanicemi SPA a ZBY nebyly nalezeny výrazné rozdíly ve výskytu bezesrážkových období.

Obrázek 25: Pravděpodobnost překročení velikosti denních srážkových úhrnů pro vybraná období a stanice, (květen 2006 – říjen 2008)



Pozn.: Graf vychází pro obě stanice z denních srážkových úhrnů (od 7hod do 7hod), XI-X znamená od května 2006 do října 2008, V-X znamená od 1.5. do 31. 10. (2006-2008), Chybějící údaje pro ZBY byly doplněny hodnotami ze SPA, ČHMÚ (2008)

5.5 Hodnocení vybraných srážkových epizod

5.5.1 Metoda, aplikace metody

Pro detailnější posouzení srážkových poměrů bylo přikročeno k analýze jednotlivých srážkových epizod. Protože denní data ze stanice SPA byla pro tento záměr nedostatečná, bylo nutné vycházet pouze ze záznamů ve stanici ZBY. Protože bývá stanice ZBY v provozu jen v letním půlroce, mohly být analýze podrobeny pouze záznamy z tohoto období. Data ze stanice KOR byly rovněž analyzovány, ale vzhledem ke skutečnosti, že se hodnoty obou automatických stanic (ZBY, KOR) lišily jen nepatrně a časová řada byla krátká, výsledky v práci neuvádím. Epizody uskutečněné v období výskytu chybějících hodnot ve stanici ZBY (viz. tabulka 7) nebyly do analýz zahrnuty.

Abychom mohli podrobně studovat srážkové poměry ve vybrané lokalitě, bylo nejdříve nutné definovat srážkovou epizodu. Jedna epizoda byla definována minimální hodnotou výšky srážkového úhrnu a maximální délkou bezesrážkového období. První kritérium si klade za cíl eliminovat zcela podružné srážkové úhrny. Druhé kritérium odděluje jednotlivé srážkové epizody mezi sebou.

Jako minimální velikost srážkového úhrnu byla stanovena hodnota $H_s \geq 1$ mm a maximální trvání bezesrážkového období bylo stanoveno hodnotou $t < 50$ minut. Pro každou epizodu byla spočítána délka trvání T_H v desetiminutách, výška srážky H_s v mm, průměrná intenzita srážky I_p v mm/hod (definována jako podíl výšky srážky a trvání srážky) a maximální desetiminutová intenzita srážky I_{max} (odvozena z nejvyššího desetiminutového srážkového úhrnu a uváděna v mm/hod). Seznam všech epizod včetně analyzovaných charakteristik je v příloze 15 a jejich základní statistické charakteristiky za hodnocené období i za jednotlivé letní půlroky jsou v příloze 16 a 17.

5.5.2 Výsledky

Během tří letních půlroků (2006-2008) bylo zaznamenáno 225 srážkových epizod o celkovém úhrnu 1237 mm. Toto množství odpovídá asi 84 % všech srážek naměřených ve stanici ZBY v období letních půlroků 2006 až 2008 (za předpokladu, že chybějící srážkový úhrn ze srpna 2006 je ve stanici ZBY nahrazen hodnotami ze SPA). Zbýlých 16 % tvoří podružné srážky, které nesplnily kritéria definované srážkové epizody.

Převážná část srážkových epizod se vyznačovala relativně krátkou dobou trvání. Čtvrtina srážkových událostí netrvala déle než 1 hodinu, 54 procent událostí netrvalo déle než 2 hodiny. Jen asi 5 procent událostí trvalo déle než 10 hodin, více než polovina srážkových epizod se uskutečnila v roce 2008. Nejdelší epizoda začala 5. září 2007 ve 21:50 hod. Trvala celkem 29 hodin a 30 minut a výška srážky byla 86,3 mm. Průměrná srážková intenzita popisované události byla 2,93 mm/hod.

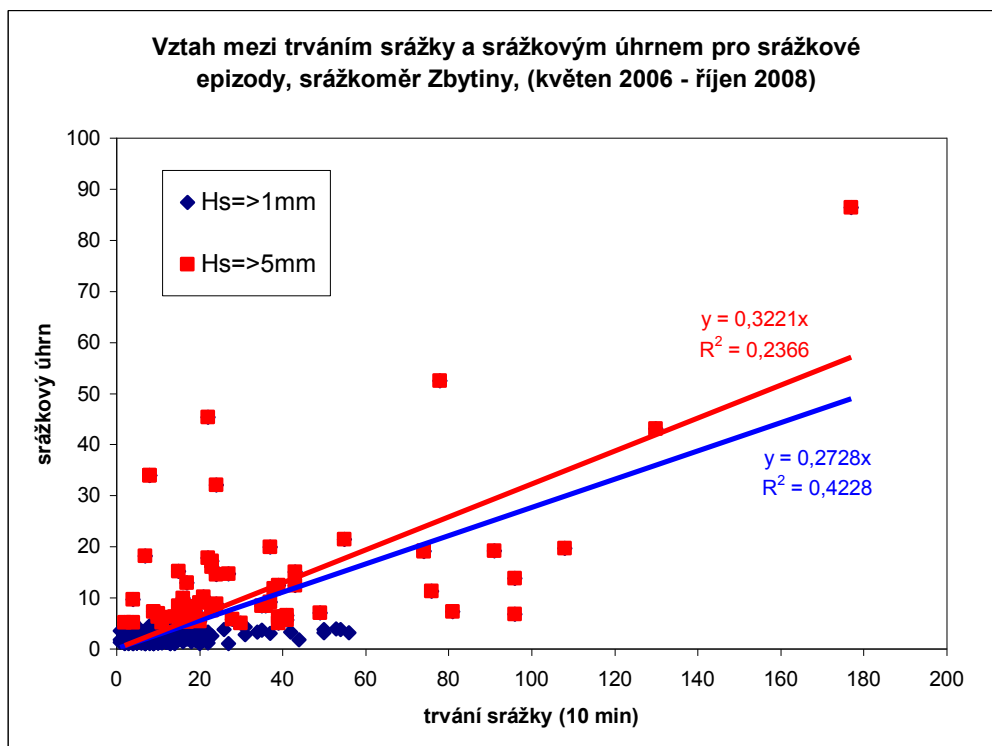
Z hlediska celkové výšky srážek spadlých během jedné epizody převládala kategorie do 2 mm (včetně této hodnoty). Ta tvořila 43 procent z celkového počtu situací. Celkem 74 procent situací vykazovalo hodnotu nepřekračující 5 mm a pouze 28 epizod (12 procent) mělo hodnotu větší než 10 mm. Nejvíce případů epizod s úhrnem nad 10 mm se uskutečnilo v roce 2008. Nejvyšší výška srážky byla zaznamenána při epizodě popisované v předchozím odstavci. Na obrázku 26 je graficky vyjádřena závislost výšky srážky a trvání srážky. V grafu je vytvořena spojnice trendu, zvláště pro všechny srážkové epizody ($H_s > 1 \text{ mm}$) a pro srážky s větším úhrnem ($H_s > 5 \text{ mm}$). Z grafu je zřejmé, že nárůst délky trvání srážky se obvykle projevuje zvýšeným úhrnem srážky.

Většina dešťových epizod se vyznačovala velmi nízkou průměrnou intenzitou srážek (64 procent epizod nepřesáhlo hodnotu 2 mm/hod). Pouze 8 epizod (3,6 procent celkového počtu) mělo vyšší průměrnou intenzitu než 10 mm/hod, asi polovina těchto případů se stala v roce 2008. Zajímavé je, že maximální průměrná intenzita 25,43 mm/hod byla naměřena dvakrát - při epizodě začínající 19. července 2007 ve 4:00 a při situaci, která začala 1. června 2008 ve 13:10. Obě srážky měly stejnou dobu trvání i výšku, lišily se pouze v časové distribuci – tedy v maximální intenzitě srážky (170,4 mm/hod a 81 mm/hod).

Na obrázku 27 je grafem vyjádřena závislost trvání srážky a průměrné intenzity srážky. Tuto závislost nejlépe vystihuje mocninná funkce vyznačená v uvedeném grafu. S narůstající dobou trvání průměrná intenzita srážek klesá, strmější pokles podle očekávání vykazují srážky o vyšším úhrnu ($H_s \geq 5 \text{ mm}$). Na obrázku 28 je grafem vyjádřena závislost výšky srážky a průměrné intenzity srážky. Zde má regresní křivka velmi volný průběh (empirické body se k ní příliš nepřimykají). Uvažované situace nejlépe vystihla kvadratická funkce, s vrcholem průměrné intenzity srážky pro srážkové úhrny okolo 45 mm. Je třeba říci, že zkonstruovaná závislost je pouze orientační. Její průběh je výrazně ovlivněn srážkovými epizodami o vysokém úhrnu, které jsou již ze své podstaty velmi rozmanité.

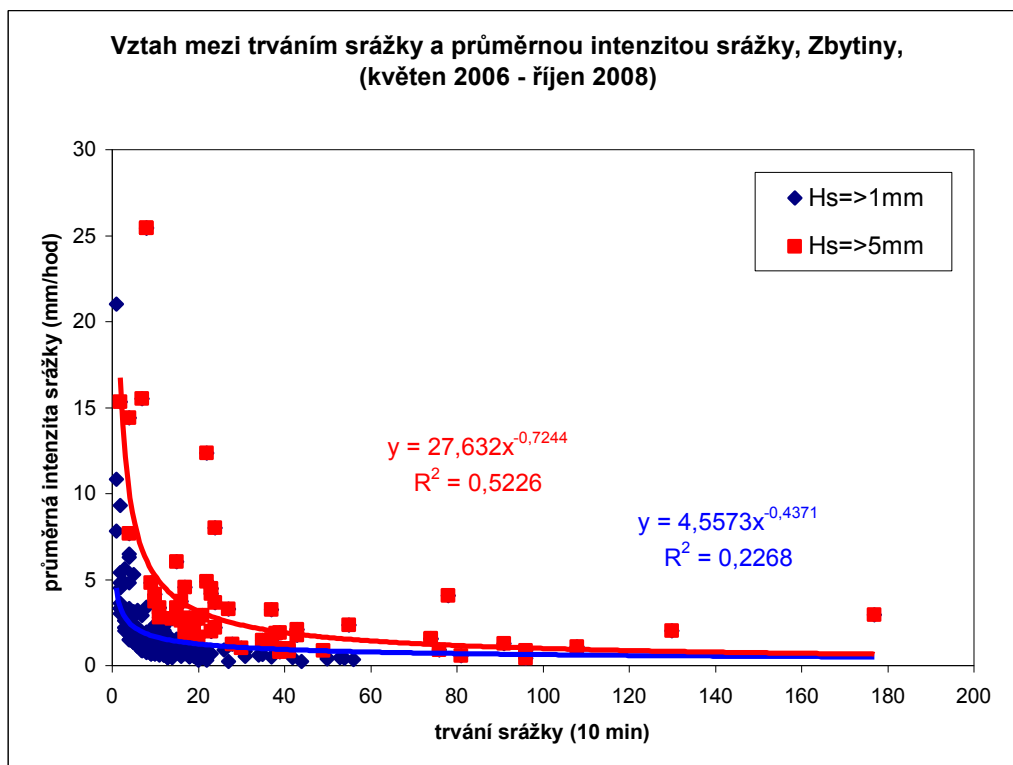
Obrázek 29 vyjadřuje závislost průměrné intenzity srážek na maximální srážkové intenzitě. Je zřejmé, že obě veličiny spolu velmi těsně souvisí. Nalezený vztah dobře vystihuje lineární funkce.

Obrázek 26: Vztah mezi trváním srážky a srážkovým úhrnem, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008



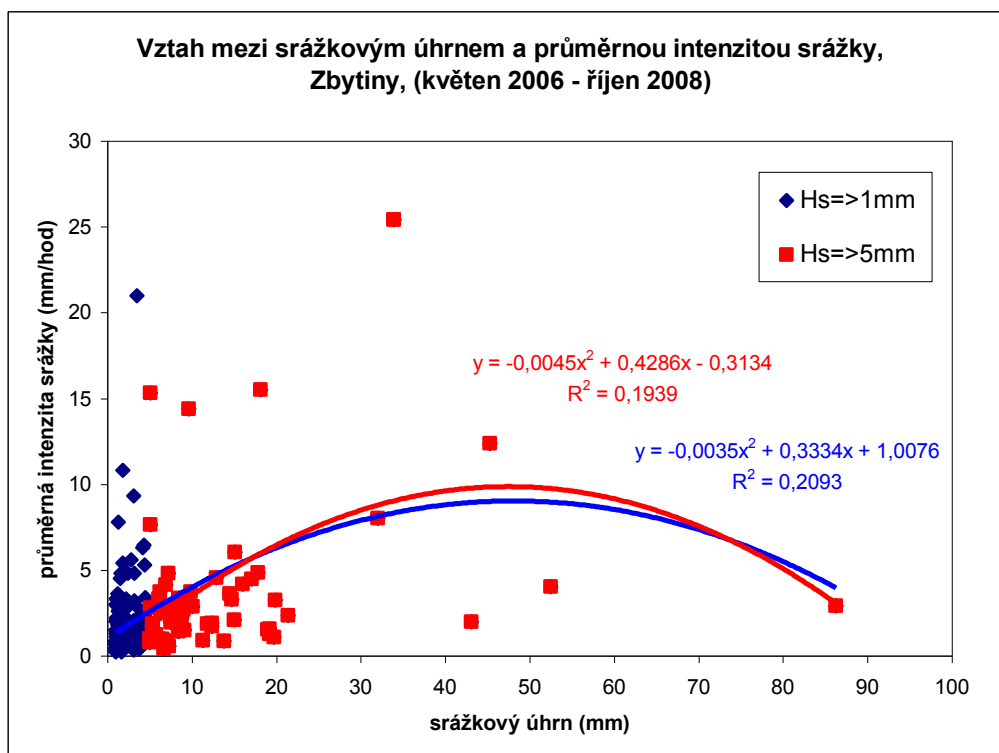
Pozn.: $H_s \geq 1\text{mm}$ znamená epizody se srážkovým úhrnem $\geq 1\text{mm}$, atd.

Obrázek 27: Vztah mezi trváním srážky a průměrnou intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008



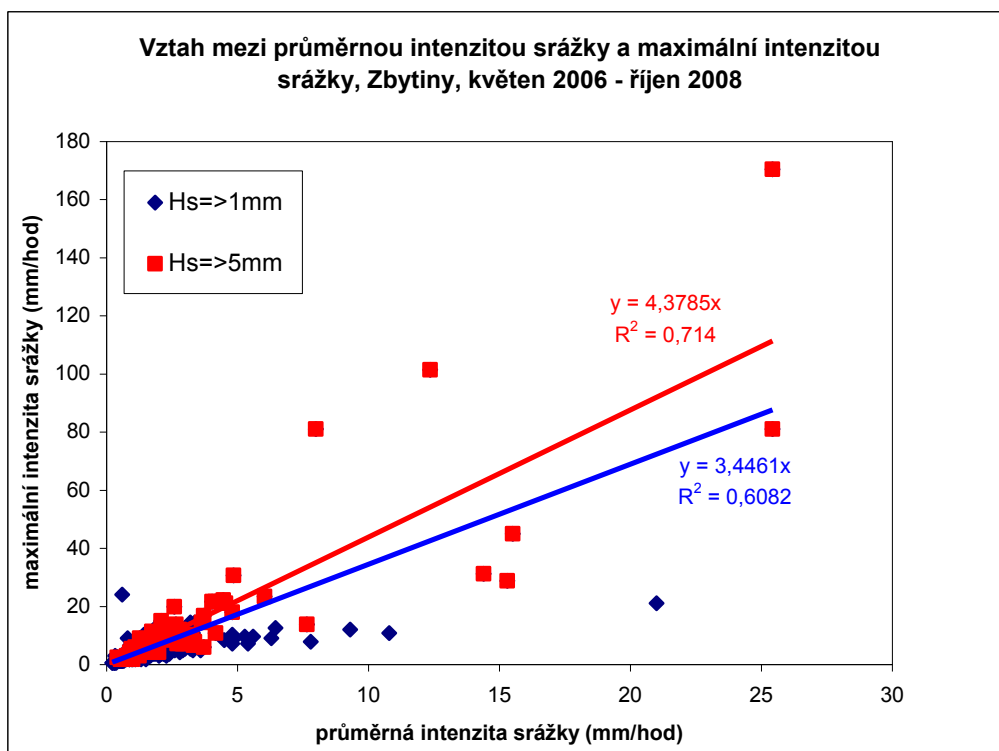
Pozn.: $H_s \geq 1\text{mm}$ znamená epizody se srážkovým úhrnem $\geq 1\text{mm}$, atd.

Obrázek 28: Vztah mezi srážkovým úhrnem a průměrnou intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008



Pozn.: Hs=>1mm znamená epizody se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, atd.

Obrázek 29: Vztah mezi průměrnou intenzitou srážky a maximální intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008



Pozn.: Hs=>1mm znamená epizody se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, atd.

5.6 Odvození průměrné výšky srážek v zájmových povodí

Z dosud zaznamenaných údajů je patrné, že údaje o srážkách jsou v obou automatických stanicích (ZBY, KOR) velmi podobné. Přesto se v letních sezónách monitorovaného období vyskytlo několik situací, kdy spadlá srážka zasáhla dvojici zkoumaných povodí nerovnoměrně. Z tohoto důvodu je vhodné odvozovat pro letní půlrok 2008 průměrnou výšku srážek na povodí z obou instalovaných srážkoměrných stanic.

Vzhledem ke skutečnosti, že nadmořská výška srážkoměrů ZBY a KOR se významně liší, jsem jako metodu interpolace srážek použil lineární závislost na nadmořské výšce. Pro výpočet byly určující nadmořské výšky srážkoměrů ($h_{ZBY} = 786$ m n.m., $h_{KOR} = 922$ m n.m.) a střední nadmořské výšky výzkumných povodí ($h_{ZB} = 811$ m n.m., $h_{TE} = 851$ m n.m.) odečtené z hypsografické křivky (viz. obrázek 2).

Nejprve se odečte nadmořská výška obou srážkoměrů ($\Delta h = 136$ m n.m.). Metoda předpokládá, že v nadmořské výšce $h_X = h_{ZBY} + k * \Delta h$, je váha srážkoměru KOR rovna hodnotě koeficientu k a váha srážkoměru ZBY zároveň rovna hodnotě $(1 - k)$. Obecně platí:

$$H_s = (1 - k) * H_{ZBY} + k * H_{KOR}$$

Jelikož známe střední nadmořské výšky obou zájmových povodí, lze již snadno z uvedených vztahů odvodit hodnoty koeficientů k . Průměrná výška srážek na výzkumných povodích je pak odvozena z těchto vztahů:

Tetřivčí potok

$$H_s = 0,522 * H_{ZBY} + 0,478 * H_{KOR}$$

Zbytinský potok

$$H_s = 0,816 * H_{ZBY} + 0,184 * H_{KOR}$$

Pozn.: H_s je průměrná výška srážky na povodí, H_{ZBY} je výška srážky v daném časovém intervalu ve stanici Zbytiny, k je koeficient vyjadřující váhu stanice KOR atd.

6. ODTOKOVÉ POMĚRY

6.1 Měrné stanice

Pro potřeby zkoumání odtokových poměrů dvou výzkumných povodí byla během dubna 2006 nainstalována měřicí zařízení a ověřena jejich funkčnost. Umístění těchto objektů je zachyceno na obrázku 20 v kapitole srážkové poměry. V případě Zbytinského potoka se jedná o automatický hladinoměr na bázi ultrazvukové sondy. Sonda pořizuje záznamy o výšce hladiny v desetiminutovém kroku. Měrný profil ukazuje obrázek 30. Z důvodu kontroly stavu hladiny bylo v dubnu 2008 dodatečně osazeno tlakové čidlo, které nezávisle na ultrazvukové sondě podává informace o výšce vodního sloupce v korytě toku.

V závěrovém profilu Tetřivčího potoka je umístěna jednak ultrazvuková sonda a jednak měrný přeliv typu Thomson-Poncelet. Spolu s informacemi o výšce hladiny jsou tak v desetiminutovém intervalu zapisovány hodnoty vypočteného průtoku. Obrázek 31 zachycuje situaci v měrném profilu Tetřivčího potoka. Schéma přenosu dat z registrační jednotky až k uživateli je obdobné jako v případě automatických srážkoměrů (viz. příloha 6) .

Obrázek 30: Situace měrného profilu Zbytinský potok



Foto: Z. Kliment

Obrázek 31: Situace měrného profilu Tetřívčí potok



Foto: Z. Kliment

6.2 Data

6.2.1 Sběr dat

Naměřená data v obou závěrových profilech byla průběžně stahována z webového portálu www.fiedler-magr.cz/ a ukládána do souborů ve formátu .xls. Společně se srážkoměrnými údaji byly hodnoty výšky hladiny ukládány do souborů reprezentující vždy jeden hydrologický kvartál.

6.2.2 Absence, chyby v datech

K využití získaných dat bylo zapotřebí se vypořádat s kratšími obdobími, ve kterých měřicí zařízení vykazovala chybné údaje. Přestože ultrazvukové sondy podávaly obvykle důvěryhodné hodnoty, vyskytly se situace, kdy bylo třeba data opravit. V období zimního půlroku se objevovaly viditelné a lehce odstranitelné odchylky v měření způsobené nejspíše námrazou v oblasti čidla. V období velkých teplotních výkyvů během dne, bez zaznamenaných srážek, vykazoval hydrografický záznam pravidelný cyklus podobající se sinusoidě (viz. obrázek 32). Tento jev do určité míry poznamenal přesnost hodinových a

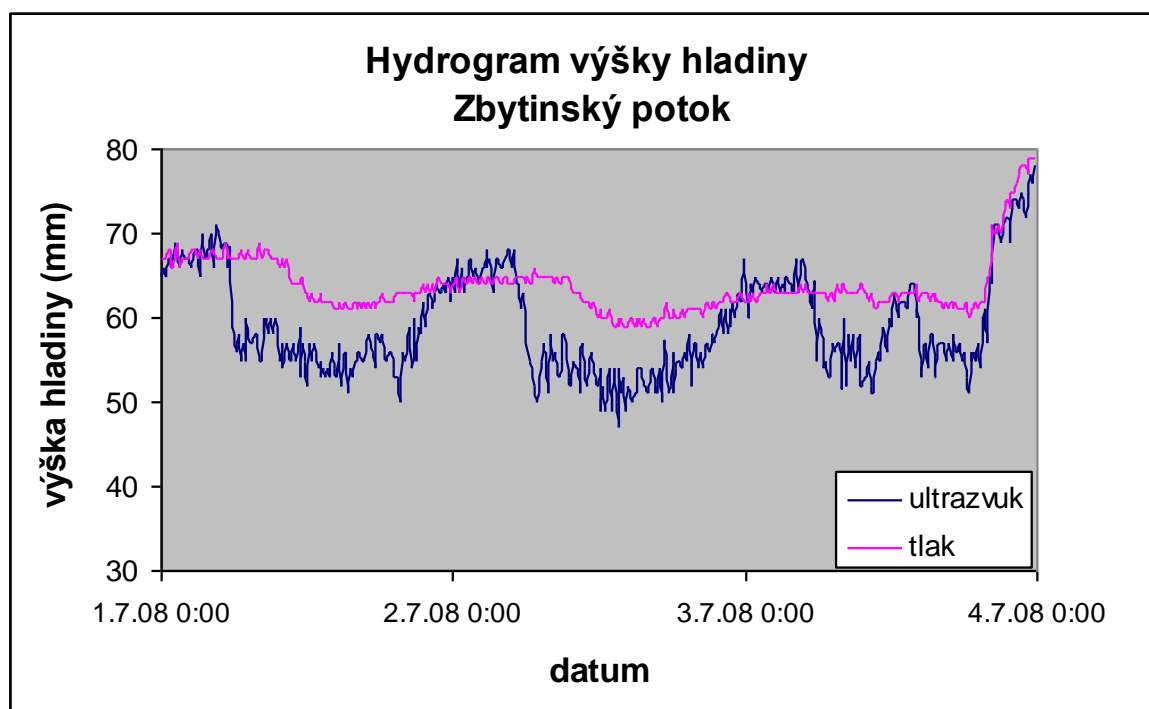
desetiminutových dat. V období velmi vysokých průtoků v roce 2006 došlo k částečné absenci dat, když se úroveň hladiny velmi těsně přiblížila čidlu ultrazvukové sondy. Pro dva dny 12. a 13. 6. 2006 bylo proto třeba odvodit chybějící údaje o průtocích na Zbytinském potoce. Denní průměrné průtoky těchto dvou dnů byly doplněny na základě regresních vztahů. Podoba nalezeného regresního vztahu mezi průměrnými denními průtoky obou povodí je následující:

$$Q_{d\ ZB} = 1,2008 * Q_{d\ TE} \quad ,$$

kde $Q_{d\ ZB}$ je průměrný denní průtok Zbytinského potoka atd.

Hladinoměr na bázi tlakového čidla nevykazuje výraznou náchylnost k teplotním výkyvům v průběhu dne. Je však zapotřebí jej průběžně kalibrovat. Kalibrace se prakticky provádí odečtením patřičné hodnoty hladiny od naměřených hodnot. Kontrola probíhala vždy při terénním měření.

Obrázek 32: Hladinoměrný záznam pořízený ultrazvukovou sondou a tlakovým čidlem



6.2.3 Úprava nekonzistentních dat

Shromážděná data o výšce hladiny byla nejprve vizualizovaná společně s hyetografickým záznamem. Vizualizací se objevily výrazné změny, které neměly příčinnou souvislost. Odstranění a oprava těchto chyb byla provedena interpolací nejbližších zaznamenaných hodnot.

6.2.4 Výpočet průměrných hodinových a denních dat

Na základě odvozeného vztahu mezi výškou hladiny a průtokem (kapitola 5.3) byly z pořízených desetiminutových dat vypočteny hodinové a denní průměrné průtoky. Jelikož se jednalo o okamžitá desetiminutová data, byla hodnota hodinového průměrného průtoku stanovena jako aritmetický průměr ze sedmi údajů (např. pro výpočet Q_h za 16. hodinu se braly hodnoty 15:00, 15:10, ... až 16:00). Denní průměrné průtoky byly stanoveny jako aritmetický průměr 24 hodnot Q_h během daného dne (např. Q_d z 13. 3. 2006 byl stanoven z Q_h 13. 3. 2006 01:00, 02:00, ... až 00:00 dne 14. 3. 2006).

6.3 Odvození měrné křivky průtoků

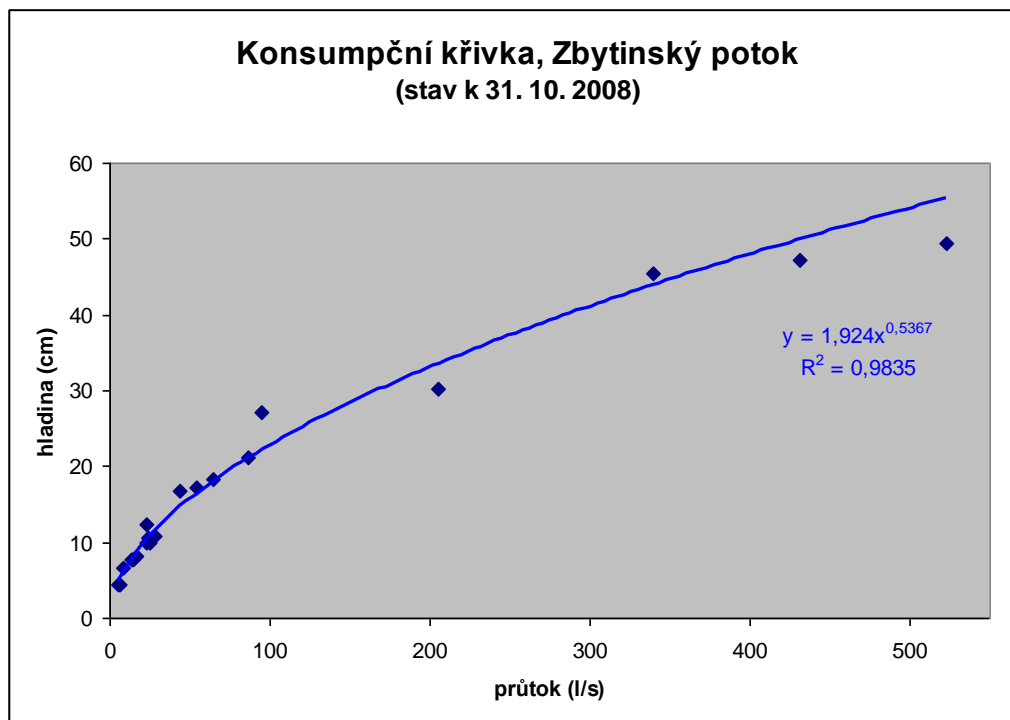
6.3.1 Hydrometrování

Již od založení experimentálních ploch bylo důležitým úkolem odvození závislosti mezi výškou hladin a velikostí průtoků v obou měrných profilech. Pro tento účel bylo třeba provádět systematická terénní měření za pomoci malé hydrometrické vrtule. Vzhledem k malé velikosti povodí (krátké době prodlení mezi kulminací srážky a kulminací průtoku) a značné odlehlosti obou experimentálních povodí se nepodařilo naměřit nejcennější hodnoty z léta 2006.

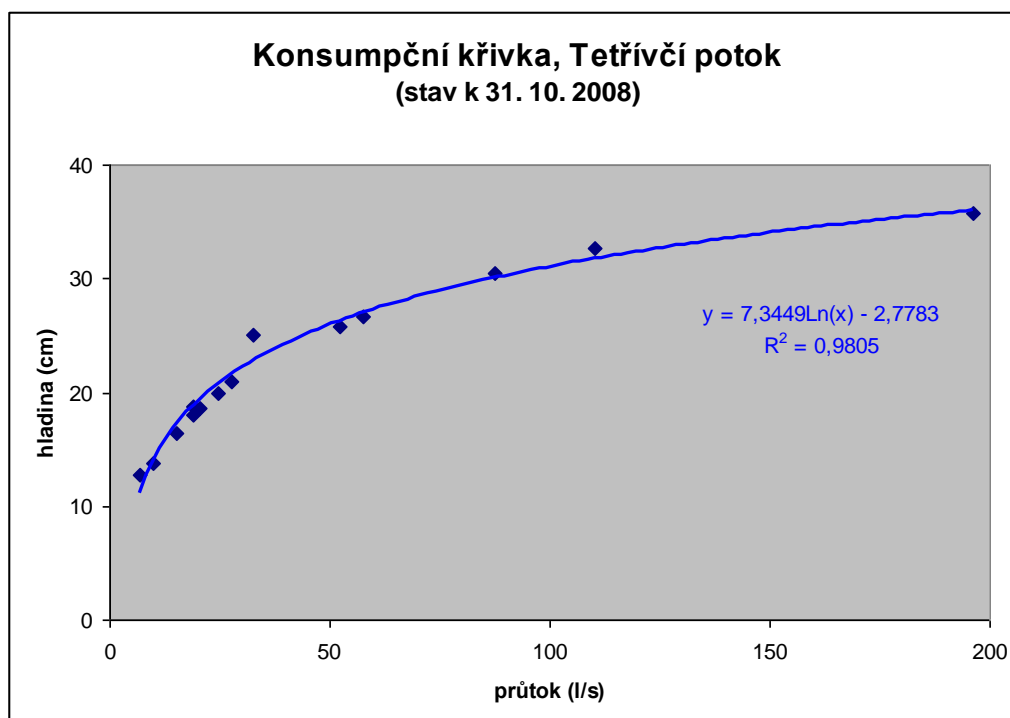
V září 2007 byla naměřena kulminační hodnota na Zbytinském potoce (hladina kulminovala na hodnotě 495 cm). Jelikož vlastní měření proběhlo ve velmi nepříznivých podmínkách, je i zjištěná hodnota 523 l/s brána jako orientační. V nedaleké stanici ČHMÚ Blanický Mlýn během této epizody protékla velká voda s dobou opakování 5 let (ČHMÚ, 2007). V prosinci 2008 byla pořízena J. Kadlecem zatím nejvyšší změřená hodnota z lesního povodí. Doposud je uspokojivě znám průběh měrné křivky průtoků na obou tocích do hodnoty rovné přibližně desetinásobku mediánu dlouhodobého průtoku. U lesního povodí to

odpovídá průtoku asi 100 l/s, na méně lesnatém pak asi 120 l/s. Konsumpční křivky obou experimentálních povodí ukazuje obrázek 33 a 34.

Obrázek 33: Měrná křivka průtoků, Zbytinský potok



Obrázek 34: Měrná křivka průtoků, Tetřívčí potok



6.3.2 Hydrotechnický výpočet průtoku pomocí extrapolace střední profilové rychlosti

Pro potřebu odvození měrné křivky pro vyšší vodní stavy byla nejdříve zvažována aplikace Manningovi rovnice (1). Ta dává do souvislosti střední profilovou rychlost v s podélným sklonem S , hydraulickým rádiem R a drsnostním koeficientem n . Hydraulický rádius je přitom podíl průtočné plochy a omočeného obvodu. Při znalosti výšky hladiny, topologie příčného profilu, podélného sklonu daného místa a zmíněného koeficientu drsnosti jsme schopni odvodit průtok. Vzorec se používá zpravidla v situacích, kdy povodňová vlna zanechá jasné stopy o kulminační výšce hladiny (tzv. povodňové značky) a nebylo možné kulminaci hydrometrováním změřit.

$$(1) \quad v = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Údaje o tvaru koryta a podélném sklonu byly získány v terénu pomocí totální stanice. Příčný profil obou zájmových povodí v místě umístění hladinoměru je uveden v příloze 18 a 19. Klíčovým problémem metody je správné navolení parametru n . Ten je možno přibližně určit pomocí tabulek (ARCEMENT a SCHNEIDER). Při aplikaci postupu se ukázala obtížnost extrapolace parametru n . Aby se eliminovala subjektivita při zavádění tohoto prvku rovnice, byly místo parametru drsnosti extrapolovány hodnoty střední profilové rychlosti. Tento postup doporučuje POLCAR (2006).

Na základě terénního měření byl nejdříve nalezen přibližný funkční vztah mezi výškou hladiny a střední profilovou rychlostí. Vztah těchto dvou veličin pro závěrový profil Zbytinského potoka je zobrazen v příloze 20. Obdobný vztah pro závěrový profil Tetřívčího potoka je zobrazen v příloze 21. Průtoky byly spočítány jako součin známých velikostí průtočné plochy a extrapolovaných hodnot střední profilové rychlosti.

Kvůli zjednodušení bylo posledním krokem nalezení co nejtěsnějšího funkčního vztahu mezi výškou hladiny a průtokem. Měrné křivky odvozené extrapolací střední profilové rychlosti jsou na obrázku 35 a 36. Na obrázku 36 je navíc vyznačena nekalibrovaná měrná křivka odvozená na základě tvaru měrného přelivu, instalovaného na lesním povodí. Jak je patrné, pro vyšší hodnoty hladiny se teoretické a empirické hodnoty již významně liší. Výsledné rovnice měrných křivek, z nichž tato práce vychází, vypadají takto:

Tetřívčí potok

pro $H = < 0; 30 >$ platí $Q = 1,55 * e^{0,1335 * H}$ (odvozeno pomocí hydrometrování)

pro $H = (30; 54 >$ platí $Q = 0,0956 * H^2 + 4,9307 * H - 144,39$

pro $H = (54; 100 >$ platí $Q = 1,5693 * H^2 - 149,77 * H + 3906,9$

Zbytinský potok

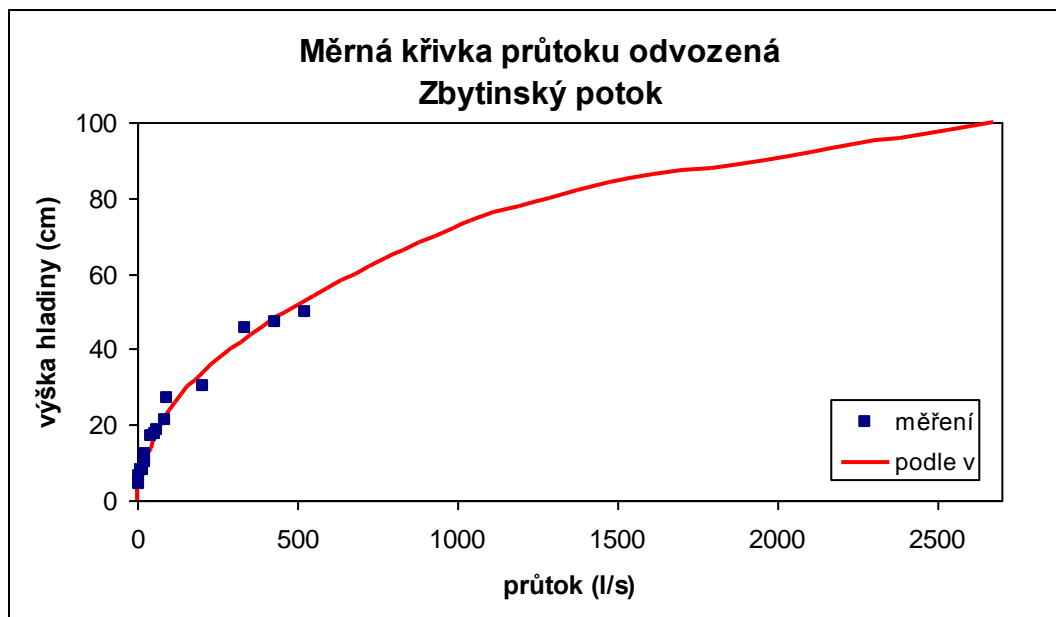
pro $H = < 0; 40 >$ platí $Q = 0,3204 * H^{1,8325}$ (odvozeno pomocí hydrometrování)

pro $H = (40; 84 >$ platí $Q = 0,2492 * H^2 - 5,9831 * H - 138,98$

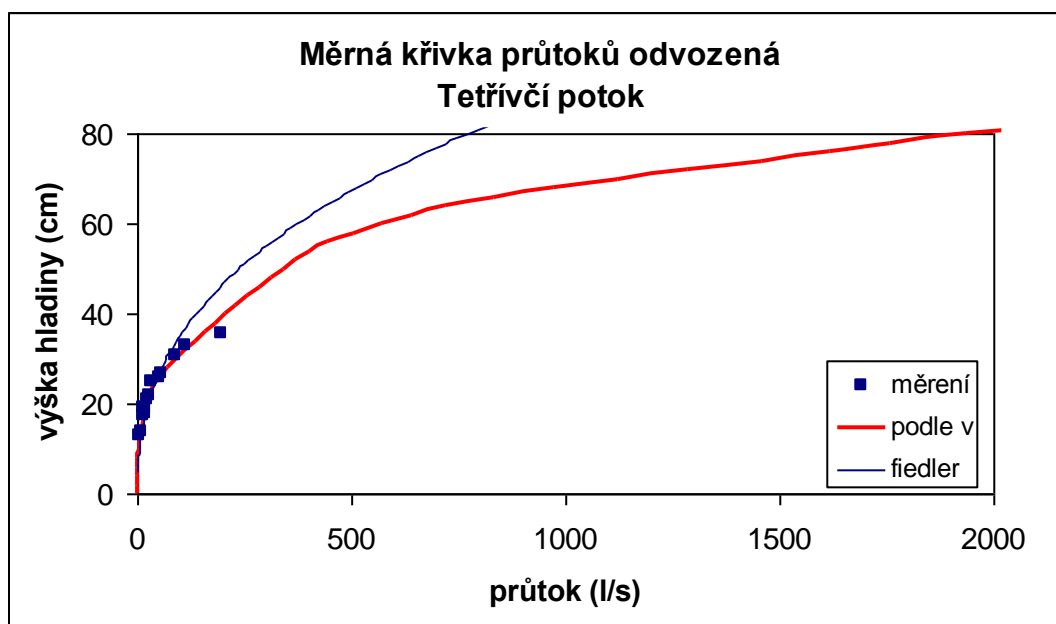
pro $H = (84; 94 >$ platí $Q = 0,0004 * H^{3,4228}$

kde H je výška hladiny v cm a Q je průtok v l/s

Obrázek 35: Měrná křivka odvozená extrapolací střední profilové rychlosti, Zbytinský potok



Obrázek 36: Měrná křivka odvozená extrapolací střední profilové rychlosti, Tetřívčí potok



Pozn.: podle v znamená metodou popsanou v textu, fiedler znamená hodnoty nekalibrované křivky odvozené na základě tvaru měrného přelivu

Pokud blíže prostudujeme přílohy 20 a 21 všimneme si, že pro vysoké hodnoty vodních stavů je střední profilová rychlost lesnatého povodí v odpovídající hloubce vyšší, než u povodí méně lesnatého. Vzhledem ke skutečnosti, že u přirozeného koryta lesnatého povodí lze předpokládat vyšší drsnost povrchu než u technicky upraveného koryta Zbytinského potoka, je to patrně doklad chybné extrapolace střední profilové rychlosti jednoho z povodí. Jako nejpravděpodobnější se jeví velké podcenění hodnot průtoků pro méně lesnaté povodí. Došlo k tomu zřejmě vlivem chybných hodnot nejvyšších naměřených průtoků. Protože však k spolehlivějšímu vedení konsumpční křivky nejsou k dispozici hydrometrická měření, vychází práce z výše uvedených vztahů mezi výškou vodního stavu a průtokem. Vzhledem k zmíněným problémům nebylo možné v této práci vyhodnotit nejzajímavější odtokové epizody. Důraz je tedy kladen především na období nízkých a středních vodních stavů a relativně nevýrazné odtokové situace.

6.4 Hodnocení odtokových poměrů (květen 2006 - říjen 2008)

Na základě získaných měrných křivek byly porovnány odtokové poměry obou povodí. Výsledky uvedené v této práci bude v budoucnu nutné upřesnit pomocí nově naměřených hodnot průtoků.

6.4.1 Hodnocení hydrologické bilance

Základní hydrologické charakteristiky zkoumaných povodí jsou uvedeny v tabulce 15. Hodnoty zde uvedené potvrzují, že oba hydrologické systémy se chovají odlišně. Tetřívčí potok svým režimem vykazuje vlastnosti, které jsou přisuzovány povodím s vyšší lesnatostí. V první řadě se jedná o rozdíl v základní hydrologické bilanci. Hydrologickou bilanci lze vyjádřit vztahem:

$$S = O + Z$$

Výška srážek spadlých na povodí (S) je v rámci definovaného období rovna odtokové výšce (O) a výšce ztrát (Z). Ztráty jsou tvořeny jednak evapotranspirací, jednak změnou zásob vody v povodí. Evapotranspirace bývá v lesním prostředí vyšší, jelikož stromy spotřebovávají více vody na svůj růst ve srovnání s nízkou vegetací. Také vlivem retenční, akumulační a infiltrační schopnosti lesa je omezen odtok na úkor ztrát.

Odtokový koeficient (ϕ), tedy poměr mezi odtokovou výškou a výškou srážek, je ve všech půlročních sezónách nižší v lesnatém povodí. Tím je potvrzen předpoklad, že v hydrologické bilanci povodí Tetřívčího potoka bude větší procentuální zastoupení ztrát a menší zastoupení odtoku, než je tomu u méně lesnatého povodí. Období letního půlroku 2006 bylo z hodnocení vypuštěno, jelikož zde byly opakovaně a velmi výrazně překročeny hodnoty spolehlivě naměřených průtoků. Za hodnocené období (listopad 2006 až říjen 2008) spadlo na obou výzkumných územích přibližně 1670 mm srážek (údaj odvozený ze srážkoměru SPA). Z tohoto množství oteklo na Zbytinském potoce asi 711 mm ($\phi = 42,6 \%$) a na Tetřívčím potoce asi 544 mm ($\phi = 32,5 \%$). Kromě vlivu lesa zde bude hrát roli také o něco vyšší sklonitost nelesního povodí.

Z tabulky 15 je patrné, že během suššího hydrologického roku 2007 je rozdíl v odtokovém koeficientu mezi povodími menší než ve vodnějším roce 2008. Pokud bychom hodnotili hydrologickou bilanci zvlášť pro letní (V-X) a zimní (XI-IV) půlroky, zjistíme, že odtokový koeficient se v obou povodích v rámci hydrologického roku výrazně mění. Nejvyšší odtokové koeficienty jsou zaznamenány v zimním půlroce, kdy je vidět velký rozdíl mezi zájmovými povodími. V zimním půlroce 2008 činil absolutní rozdíl v odtokovém koeficientu asi 27 %. Naopak během letního půlroku 2007 je rozdíl v odtokovém koeficientu zanedbatelný. Je to důsledek vyrovnanějšího hospodaření lesního povodí s vodou, zvláště během dlouhého období bez vydatnějších srážek. Nebýt posledních dvou měsíců hydrologického roku 2007 s několika dešťovými epizodami, byl by odtokový koeficient Zbytinského potoka nižší než v lesním povodí.

Hydrologická bilance zimních období v obou povodích vychází ze srážek naměřených ve stanici Spálenec. Tento srážkoměr svou blízkostí a nadmořskou výškou dobře reprezentuje povodí Zbytinského potoka. U výše položeného povodí Tetřívčího potoka vzrůstá nejistota korektnosti hodnot výšky srážek. Rozdíl potenciální velikosti výšky srážek u obou povodí však zdaleka nemůže zapříčinit výrazný rozdíl v jejich odtokových koeficientech. Z tohoto důvodu pokládám zjištěné závěry za opodstatněné.

Tabulka 15: Základní hydrologické charakteristiky za vybraná období (květen 2006 – říjen 2008)

Zbytinský potok		2007 - 2008	2007	2008	Z 2007	L 2007	Z 2008	L 2008
Qprum	l/s	17,5	14,1	20,8	17,2	11,0	29,9	11,9
qprum	l/s/km ²	11,3	9,1	13,4	11,1	7,1	19,3	7,7
Qmed	l/s	12,1	9,7	16,8	13,6	7,4	26,6	9,7
qmed	l/s/km ²	7,8	6,3	10,8	8,8	4,8	17,2	6,3
Qd max	l/s	218,6	218,6	192,2	75,4	218,6	192,2	57,6
qd max	l/s	140,9	140,9	123,9	48,6	140,9	123,9	37,1
Qd min	l/s/km ²	4,1	4,1	5,9	5,8	4,1	14,5	5,9
qd min	l/s/km ²	2,6	2,6	3,8	3,7	2,6	9,4	3,8
O	m ³	1103014,2	444469,3	658544,9	269356,0	175113,3	469820,9	188724,0
S	mm	1670,8	812,6	858,2	269,0	543,6	394,0	464,2
O	mm	711,0	286,5	424,5	173,6	112,9	302,8	121,7
Z	mm	959,8	526,1	433,7	95,4	430,7	91,2	342,5
φ	%	42,6	35,3	49,5	64,5	20,8	76,9	26,2

Tetřivčí potok		2007 - 2008	2007	2008	Z 2007	L 2007	Z 2008	L 2008
Qprum	l/s	13,4	11,6	15,1	12,5	10,7	19,5	10,8
qprum	l/s/km ²	8,3	7,2	9,3	7,7	6,6	12,0	6,7
Qmed	l/s	10,0	8,7	12,1	9,9	7,6	14,9	8,6
qmed	l/s/km ²	6,2	5,4	7,5	6,1	4,7	9,2	5,3
Qd max	l/s	223,7	223,7	111,3	53,9	223,7	111,3	53,7
qd max	l/s	138,3	138,3	68,8	33,3	138,3	68,8	33,2
Qd min	l/s/km ²	5,6	5,6	6,6	7,5	5,6	10,2	6,6
qd min	l/s/km ²	3,5	3,5	4,1	4,6	3,5	6,3	4,1
O	m ³	843294,8	365192,2	478102,6	195000,4	170191,8	306163,5	171939,1
S	mm	1670,8	812,6	858,2	269,0	543,6	394,0	464,2
O	mm	543,6	235,4	308,2	125,7	109,7	197,4	110,8
Z	mm	1127,2	577,2	550,0	143,3	433,9	196,6	353,4
φ	%	32,5	29,0	35,9	46,7	20,2	50,1	23,9

Pozn.: Qprum je průměr z průměrných denních průtoků, Qmed je medián stejné datové řady, S jsou srážky, O je odtok, Z jsou ztráty, Z 2007 znamená zimní půlrok hydrologického roku 2007, atd.

6.4.2 Hodnocení měsíčních odtokových poměrů

Přehled odvozených průměrných měsíčních specifických průtoků je uveden v tabulce 16 a znázorněn na obrázku 37. Z tabulky je patrné, že vyšší hodnoty jsou vázány především na měsíce zimního půlroku. Když porovnáme průměrnou hodnotu měsíčních specifických průtoků v rámci pozorovaného období (listopad 2006 – září 2008) na obrázku 38, zjistíme, že nejvíce vody odtéká v měsících březen a prosinec a nejméně v červenci. Březnové maximum se vyskytuje kvůli tání sněhové pokrývky. Měsíc prosinec je zastoupen z důvodu výskytu abnormálně srážkově vydatného období spojeného s táním sněhové pokrývky v prosinci 2007. Červencové minimum je naopak důsledkem nízké srážkové dotace během letních měsíců obou sledovaných hydrologických let. Lesní povodí má v průměru ve všech měsících průměrné specifické průtoky nižší než povodí Zbytinského potoka.

Pokud nehodnotíme letní půlrok 2006, jsou nejvyšší průměrné měsíční průtoky u obou povodí vázány na zimní měsíce, ve kterých došlo k výraznému tání sněhu. Výskyt nejnižšího měsíčního průtoků může být příkladem vyrovnanější odtokové odezvy lesního povodí. Říjen 2006 byl nejsušším měsícem z hlediska spadlých srážek. Měsíční odtokové minimum se na Zbytinském potoce objevilo v listopadu, na Tetřívčím potoce až v prosinci 2006. Největší rozdíly v průměrném měsíčním specifickém průtoků jsou zaznamenány během měsíců, kdy docházelo k rozsáhlému tání sněhu.

Lesní povodí vykazuje menší rozkolísanost měsíčních hodnot specifického odtoku. Poměr nejvyššího a nejnižšího průměrného měsíčního průtoků je nižší v lesnatém povodí. To platí jak z hlediska jednotlivých hydrologických let, tak z hlediska hodnocení období (2007 - 2008).

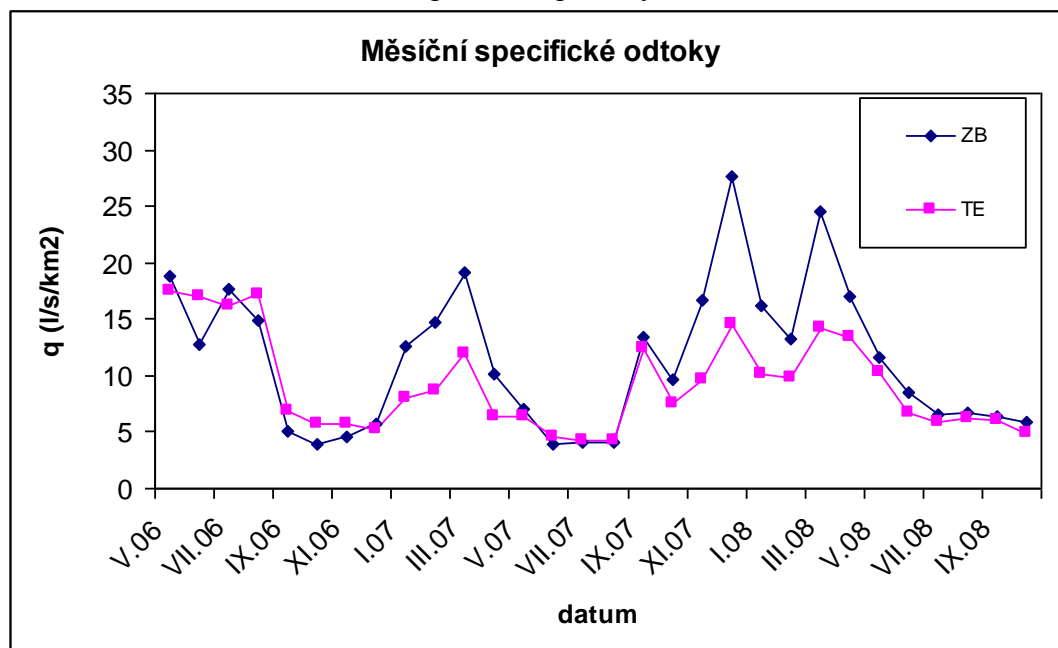
Korelací měsíčních úhrnů srážek s měsíčními odtokovými výškami za období hydrologických let 2007 a 2008 se ukázalo, že větší těsnost mezi srážkami a odtokem je v povodí zalesněném (korelační koeficient pro ZB= 0,08; TE= 0,23). Dále je v obou povodích patrná větší těsnost mezi srážkami a odtokem v rámci období zimního půlroku (ZB: 0,54 x TE: 0,61), než v letním půlroce (ZB: 0,38 x TE: 0,47).

Tabulka 16: Průměrné měsíční průtoky a specifické průtoky

	Zbytinský potok		Tetřivčí potok	
	Qm	qm	Qm	qm
květen 06	29,1	18,76	28,3	17,51
červen 06*	19,4	12,53	27,4	16,97
červenec 06*	27,4	17,65	26,2	16,20
srpen 06*	23,1	14,90	27,9	17,25
září 06	7,8	5,00	11,0	6,81
říjen 06	6,1	3,93	9,2	5,67
listopad 06	7,1	4,55	9,3	5,76
prosinec 06	8,8	5,70	8,6	5,31
leden 07	19,6	12,65	13,1	8,08
únor 07	23,2	14,96	14,5	8,99
březen 07	29,7	19,13	19,4	11,99
duben 07	15,1	9,74	9,9	6,14
květen 07	11,0	7,11	10,3	6,34
červen 07	6,2	3,98	7,4	4,57
červenec 07	6,4	4,15	7,0	4,33
srpen 07	6,3	4,07	7,0	4,30
září 07	21,4	13,79	20,6	12,76
říjen 07	14,9	9,61	12,2	7,54
listopad 07	26,2	16,90	15,6	9,66
prosinec 07	42,9	27,67	23,6	14,57
leden 08	25,0	16,12	16,4	10,12
únor 08	20,0	12,91	16,1	9,96
březen 08	37,9	24,46	23,1	14,26
duben 08	26,3	16,95	21,8	13,50
květen 08	18,1	11,64	16,6	10,24
červen 08	13,4	8,62	11,0	6,79
červenec 08	10,1	6,51	9,4	5,84
srpen 08	10,4	6,71	10,0	6,21
září 08	10,0	6,46	9,8	6,04
říjen 08	9,2	5,96	8,1	4,99

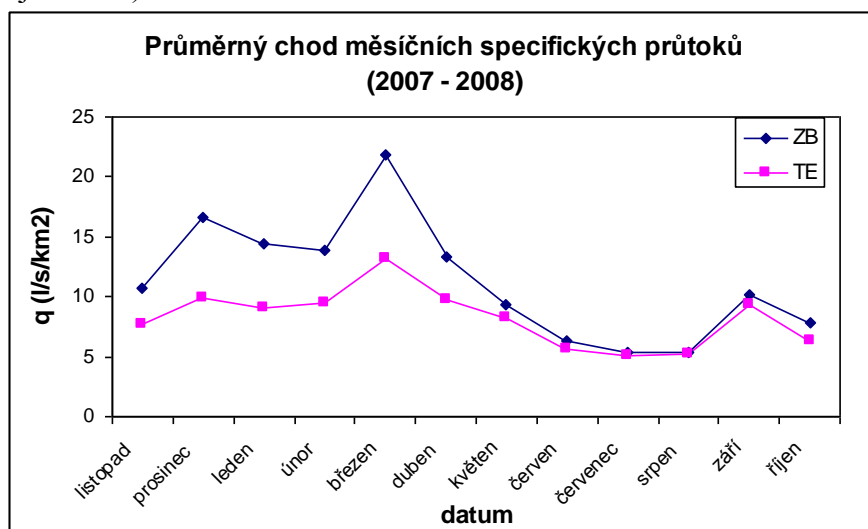
Pozn.: * znamená, že hodnoty jsou pouze přibližné

Obrázek 37: Průměrné měsíční specifické průtoky



Pozn.: hodnoty reprezentující červen 2006 až srpen 2006 jsou pouze přibližné

Obrázek 38: Průměrný chod průměrných měsíčních specifických průtoků (listopad 2007 – říjen 2008)



6.4.3 Hodnocení denních odtokových poměrů

Denní specifické průtoky (q_d) obou povodí jsou znázorněny na obrázku 39. Základní statistické charakteristiky těchto hodnot jsou v příloze 22. Podle mediánu i aritmetického průměru jsou denní specifické odtoky z lesního povodí za celé monitorované období nižší o 21 resp. 23 %. Zbytinský potok vykazuje o něco vyšší hodnoty směrodatné odchylky denních

průměrných průtoků za celé sledované období než lesnaté povodí. Tetřívčí potok má naopak o něco vyšší koeficient variace. Porovnal jsem také koeficient variace (C_v) zvlášť pro jednotlivé hydrologické roky. U obou povodí je C_v vyšší v roce 2007. Zatímco u Zbytinského potoka nejsou mezi roky patrné větší rozdíly, u lesního povodí se oba roky výrazně liší. V obou hydrologických letech (2007, 2008) byla variabilita průměrných denních průtoků vyjádřená koeficientem variace podle očekávání nižší v lesnatém povodí.

Korelací datových řad průměrných denních průtoků (Q_d) jsem zjišťoval podobnost mezi oběma povodími. V rámci období byl Pearsonův koeficient korelace roven 0,87. V jednotlivých hydrologických letech můžeme sledovat rozdílnou těsnost obou datových řad. V roce 2007 byl koeficient korelace průměrných denních průtoků obou povodí roven 0,92 a v roce 2008 pak 0,83. Z pohledu denních specifických odtoků se tedy oba hydrologické systémy chovaly podobněji v sušším roce 2007.

Maximální hodnoty průměrných denních průtoků jsou uvedeny v tabulce 17. Pořadí jednotlivých událostí je vzhledem ke kvalitě konsumpcí problematické. I přesto je zřejmé, že datum výskytu maxim průměrných denních průtoků se u obou povodí bude patrně lišit. Každé povodí jinak reaguje na určitý charakter srážkových vstupů. Velkou roli hraje nasycenost povodí. Při dlouhotrvajících regionálních deštích jsou obě dvě povodí zasažena rovnoměrně a v průměrném denním specifickém průtoku se pak liší jen málo. Podobně je tomu u maximálních denních specifík během jarních tání. Naopak velké rozdíly zaznamenáváme u přívalových srážek. Ty zasáhnou obvykle jednotlivá povodí asymetricky a vliv vegetace na odtokový proces je tím obtížně stanovitelný.

Čáru překročení m -denních specifických průtoků, odvozenou z celého měřeného období (květen 2006 – říjen 2008), zachycuje obrázek 40. Z obrázku je patrné, že lesní povodí v porovnání s povodím méně lesnatým nalepšuje průtoky v suchých obdobích. Denní specifický průtok lesního povodí je vyšší než u povodí Zbytinského potoka pro přibližně 90 nejmeně vodných dnů v roce (přesně pro $m > 276$, kde $m = 1$ vyjadřuje nejvyšší denní specifický průtok v uvažovaném hydrologickém roce).

Tento poznatek téměř přesně koresponduje s měřeními ve dvojici experimentálních povodí Kychová a Zděchovka, které publikoval ČERMÁK (1956). Dokazuje to, že méně lesnaté povodí výrazně rychleji odvádí vodu z půdního horizontu a projevují se u něj proto rychleji negativní důsledky sucha. Je otázkou, jak velkou roli v této věci hraje podpovrchová drenáž umístěná v povodí Zbytinského potoka. Obvykle mají podobně meliorovaná povodí vyrovnanější odtokový režim než povodí ponechaná bez zásahu. To by znamenalo, že povodí Zbytinského potoka, neupravené umělým odvodněním, by mělo ještě nižší průtoky za

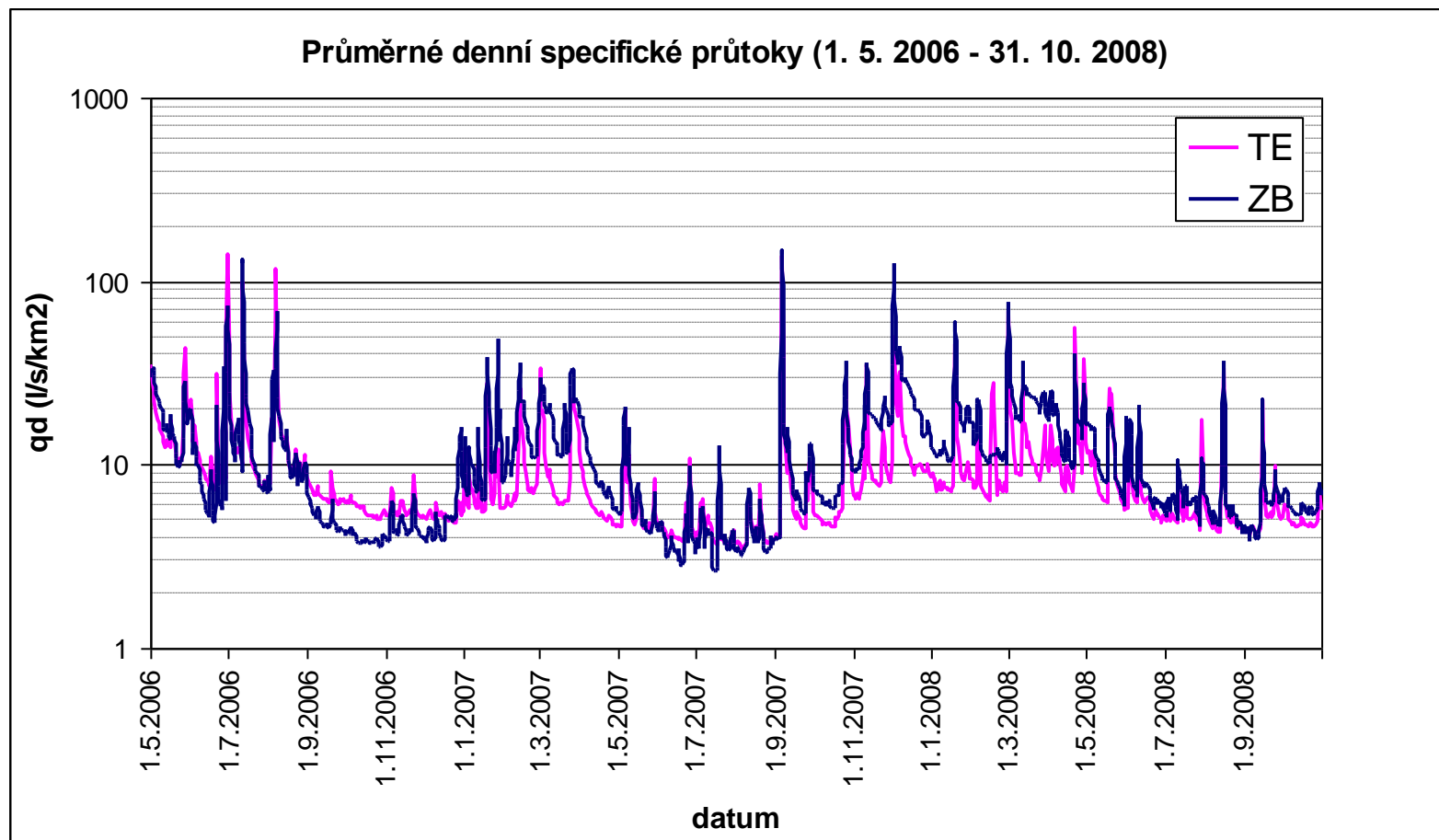
suchých období. Z čáry překročení dále vyplývá, že pro $m < 10$ je specifický odtok obou povodí velmi podobný a vzhledem ke kvalitě konsumpčních křivek těžko porovnatelný. V tabulce 18 jsou uvedeny vybrané hodnoty m-denních vod, jednak za celé měřené období, jednak za jednotlivé hydrologické roky.

V příloze 23 až 26 jsou graficky vyjádřeny hodnoty m-denních vod zvlášť pro jednotlivá povodí, jednak pro oba hydrologické roky, jednak pro tři letní půlroky (2006 – 2008). Z těchto obrázků je patrné, jak se režim denních průtoků v jednotlivých obdobích lišil. V hydrologickém roce 2007 byl denní specifický odtok lesnatého povodí vyšší než u méně lesnatého povodí pro $m > 223$. Zcela jinak se povodí chovají v hydrologickém roce 2008, kdy srážkové dotace byly hojnější a rovnoměrněji rozprostřeny. Zbytinský potok má zde nižší denní specifický odtok než Tetřívčí potok jen pro hodnoty $m = 1$ a pro $m > 356$. Pro chování obou hydrologických systémů, během tří letních půlroků, je určující charakter dané sezóny. Letní půlrok 2006 je nejvodnější, rok 2008 odtokově vyrovnaný a rok 2007 nejsušší, s výskytem výrazné kulminační hodnoty.

Hodnoty maximálních i minimálních denních průtoků jsou pro vybraná období (půlroční sezóny) uvedeny v tabulce 15. Vyšší hodnoty poměru těchto maxim a minim byly zaznamenány na Zbytinském potoce jednak v rámci celého období, jednak pro každý hydrologický rok zvlášť. To dokládá větší variabilitu průměrných denních průtoků v méně lesnatém povodí.

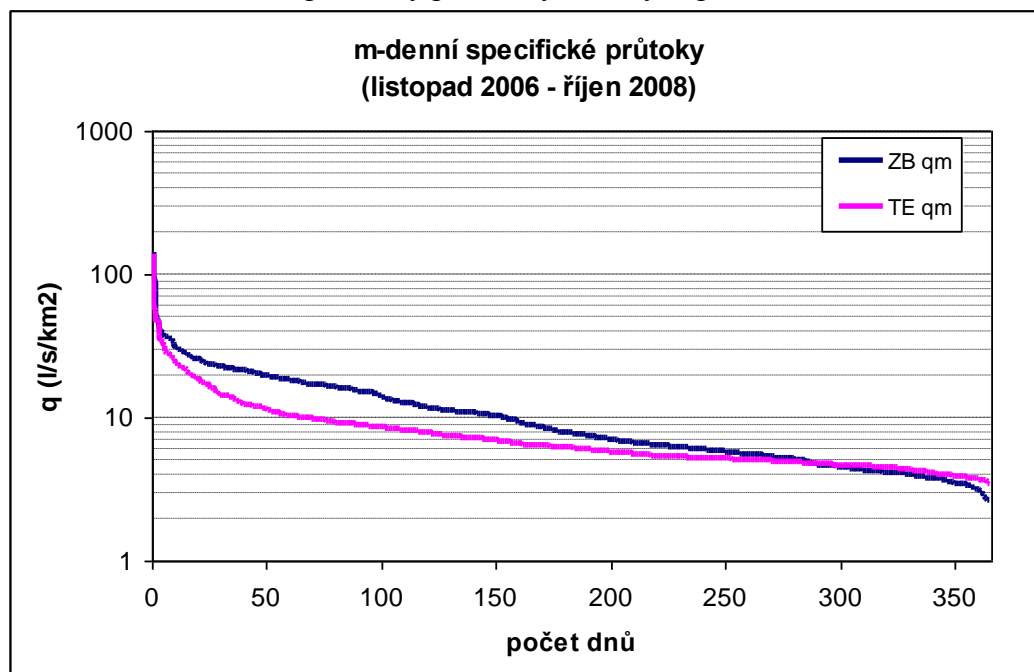
Dále jsem hodnotil výskyt souvislých nízkých průměrných denních průtoků na obou povodích. Horní hranici nízkých průtoků jsem pro každé povodí definoval hodnotou Q_{355} , získanou z celého měřeného období. Tato hodnota na Zbytinském potoce odpovídá průtoku $Q = 5,4$ l/s a na Tetřívčím potoce průtoku $Q = 6,3$ l/s. Z uvedené definice vyplývá téměř shodný počet suchých dnů v rámci obou povodí. Průtoková minima jsou však v rámci lesnatého povodí více souvislá a jejich výskyt je oproti povodí méně lesnatému vždy o několik dní opožděn. Zjednodušeně lze vymezit dlouhé období nízkých průtoků na obou povodích od poloviny června do konce srpna roku 2007. Nejnižší průměrný denní průtok na Zbytinském potoce se vyskytl ve dnech 15. – 17. 7. 2007 a měl hodnotu $Q_{d \min} = 4,1$ l/s. Nejnižší průměrný denní průtok na Tetřívčím potoce se vyskytl ve dnech 6. – 7. 8. 2007 a měl hodnotu $Q_{d \min} = 5,6$ l/s. Je tedy zřejmé, že suché období se výrazněji projevuje v méně lesnatém povodí.

Obrázek 39: Průměrné denní specifické průtoky



Pozn.: ZB znamená Zbytinský potok, TE znamená Tetřivčí potok, hodnoty nejvýraznějších maxim mají pouze orientační charakter

Obrázek 40: m-denní specifický průtok výzkumných povodí



Tabulka 17: Nejvyšší průměrné denní průtoky

Tetřivčí potok			Zbytinský potok		
datum	Qd (l/s)	qd (l/s/km ²)	datum	Qd (l/s)	qd (l/s/km ²)
30.6.2006*	228,6	141,4	6.9.2007	218,6	140,9
6.9.2007	223,7	138,3	12.7.2006*	192,8	124,3
7.8.2006*	188,7	116,7	3.12.2007	192,2	123,9
12.7.2006*	160,6	99,3	1.3.2008	119,5	77,0
1.3.2008	111,3	68,8	30.6.2006*	114,2	73,6
6.8.2006*	106,7	65,9	7.8.2006*	105,5	68,0

Pozn.: všechny zde uvedené hodnoty jsou přibližné, odvozené ze stávajících měrných křivek, u hodnot * lze předpokládat, že je nepřesnost obzvláště vysoká

Tabulka 18: Vybrané hodnoty m-denních vod

Zbytinský potok				Tetřivčí potok			
m	2007 - 2008 Qd (m ³ /s)	2007 Qd (m ³ /s)	2008 Qd (m ³ /s)	m	2007 - 2008 Qd (m ³ /s)	2007 Qd (m ³ /s)	2008 Qd (m ³ /s)
10	50,0	42,4	55,9	10	40,7	32,7	44,8
30	35,3	31,5	38,9	30	23,3	19,5	27,0
60	28,6	21,4	32,1	60	16,6	13,8	19,5
90	23,8	17,4	27,9	90	14,4	11,2	16,1
120	18,3	13,5	25,0	120	12,7	10,1	14,8
150	16,0	11,2	19,5	150	11,2	9,3	13,5
180	12,3	9,8	16,9	180	10,1	8,8	12,3
210	10,4	8,4	14,3	210	9,0	8,4	11,2
240	9,4	7,2	11,6	240	8,5	8,0	10,0
270	8,3	6,6	9,8	270	8,1	7,6	8,7
300	7,0	6,1	9,1	300	7,6	7,1	8,1
330	6,2	5,5	8,2	330	7,0	6,5	7,5
355	5,2	4,9	7,0	355	6,1	6,0	7,1
364	4,1	4,1	6,3	364	5,8	5,6	6,9

6.4.4 Nejvýraznější odtokové situace z období (květen 2006 – říjen 2008)

29. -30. 6. 2006

Dne 29. června v 16:20 začala srážková epizoda o celkové délce 780 minut a úhrnu 52,5 mm. Průměrná intenzita srážky byla 4,04 mm/hod a maximální desetiminutový úhrn byl 3,6 mm. Tento srážkový impulz se projevil velmi výrazně na hydrogramech obou povodí. Zbytinský potok kulminoval v 1:30 dne 30.6. na 53,6 cm. V hydrogramu Tetřívčího potoka bohužel chybí kulminační hodnoty výšky hladiny. Nejvyšší zaznamenaná hodnota je 65, 2 cm, ale z tvaru hydrogramu lze předpokládat, že hladina mohla přesáhnout hodnotu 70 cm. Kulminační průtok obou povodí se mohl pohybovat okolo 1000 l/s. Zdá se, že v lesnatém povodí byla kulminace vyšší než u povodí méně lesnatého.

12. - 13.7. 2006

Dne 12. července 2006 v 15:30 začala srážková epizoda o celkové délce 220 minut a úhrnu 45,3 mm. Průměrná intenzita srážky byla 12,35 mm/hod a maximální desetiminutový úhrn byl 16,9 mm. Pro tuto srážkovou situaci bohužel není k dispozici celistvý hydrografický záznam ani pro jedno ze zájmových povodí. Nejvyšší zaznamenaná hodnota výšky hladiny na Zbytinském potoce je 83,2 cm (13. 7. v 5:20). Ve vrcholové části povodňové vlny vykazuje ultrazvuková sonda chybné hodnoty. U lesního povodí byl hladinoměrem mnohem lépe zachycen tvar povodňové vlny. Nejvyšší naměřená výška hladiny je 69,2 cm (12. 7. v 16:10). Kulminační průtok méně lesnatého povodí byl pravděpodobně vyšší než u povodí lesnatého. Podle odhadů mohl překročit hodnotu 2000 l/s. Lesnaté povodí pravděpodobně kulminovalo na hodnotě okolo 1800 l/s.

5.- 7.8. 2006

Dne 5. srpna 2006 v 18:40 začala velmi dlouhá srážková epizoda o nízké průměrné intenzitě. Srážkoměr se v období ustávání srážky zanesl, takže nelze přesně stanovit konec dešťové epizody. Ten byl odhadnut na 7. 8. 16:00. Srážka o celkovém úhrnu 43,9 mm tak trvala s krátkými přerušeními asi 45 hodin a měla průměrnou intenzitu přibližně 0, 97 mm/hod. Maximální desetiminutový úhrn činil pouze 0,4 mm.

Pro celou událost je v obou povodí k dispozici kompletní hydrografický záznam. Zbytinský potok kulminoval 7. srpna 2006 ve 3:50 na hodnotě 40,9 cm.

Tetřívčí potok kulminoval o třicet minut později hodnotou 57,5 cm. Odtoková odezva obou povodí byla výrazně ovlivněna vysokou nasyceností povodí předchozími dešti. Tuto skutečnost dokládá lépe počáteční specifický průtok (Zbytinský p.: $q_0 = 9,12 \text{ l/s/km}^2$, Tetřívčí p.: $q_0 = 9,27 \text{ l/s/km}^2$), než ukazatel předchozích srážek za třicet dnů ($API\ 30 = 31,25 \text{ mm}$). Z předchozího porovnání je vidět i o něco vyšší nasycení lesního povodí. Kulminační průtok obou povodí byl zřejmě okolo 500 l/s.

5. - 8. 9.2007

Dne 5. září 2007 ve 2:10 začala srážková epizoda z regionálního deště o celkové délce 46 hodin 10 minut a úhrnu 96,7 mm. Průměrná intenzita srážky byla 2,09 mm/hod a maximální desetiminutový úhrn byl 1,7 mm. Zbytinský potok kulminoval dvakrát stejnou hodnotou výšky hladiny (6. 9. v 16:40 a v 18:00, výška hladiny 49,5 cm). Přesně v tuto dobu jsem prováděl hydrometrování za pomoci malé vrtule. Celé měření se odehrávalo ve velmi nepříznivých podmínkách. Vzhledem k zaplavení husté vegetace v blízkosti břehů se nedařilo zaznamenat reálné hodnoty rychlosti toku v příbřežních svislicích. Hodnota změřeného průtoku v době nejvyššího vodního stavu byla 523 l/s. Vzhledem k technickým problémům s funkcí hydrometrické vrtule je tento údaj brán jako orientační.

Kulminační výška hladiny na Tetřívčím potoce byla 57,6 cm. Tento okamžik se kryje s výskytem druhého průtokového maxima na méně lesnatém povodí (6. 9. 18:00). Ukazatel předchozích srážek $API\ 30$ je roven 24,5 mm. Počáteční specifický průtok ukazuje na poměrně nízkou nasycenost obou povodí (ZB: $q_0 = 4,7 \text{ l/s/km}^2$, TE: $3,40 \text{ l/s/km}^2$). Kulminační průtok obou povodí byl zřejmě okolo 600 l/s.

3.12.2007

Výrazné oteplení na začátku prosince 2007 přineslo vydatné srážky. Od 1. do 4. 12. 2007 spadlo ve stanici Spálenec dohromady 37,7 mm srážek. Z toho nejvíce 2. prosince (30 mm) a 3. prosince (6,6 mm). V tu dobu ležela na obou povodích vrstva sněhu, která v důsledku působení srážek a vysokých teplot postupně odtávala. Ve stanici Spálenec ležela 1. prosince v 7 hodin sněhová pokrývka o mocnosti 14 cm. Do 5. 12. v 7:00 ráno již všechen

sníh roztál. Vodní hodnota sněhu udávaná ve stanici SPA dne 3. prosince v 7 hodin odpovídala výskytu 200 litrů vody v 1 m³ sněhu. Zbytinský potok kulminoval 3. prosince v 5:20 a 5:40 hodnotou vodního stavu 47,9 cm. Tetřívčí potok kulminoval o 50 minut později hodnotou vodního stavu 50,5 cm. Tato hodnota odpovídá přibližně průtoku 420 l/s. Nejvyšší hodnotu průtoku během této epizody naměřil J. Kadlec. Hodnotě průtoku 196 l/s odpovídala výška hladiny 35,7 cm. Kulminační průtok obou povodí byl zřejmě vyšší než 400 l/s.

1.3.2008

Během 29. února 2008 začaly vypadávat poměrně vydatné srážky, které pokračovaly v následujících třech dnech s již menší intenzitou. V období (29. 2. – 3. 3. 2008) činil celkový srážkový úhrn 47 mm srážek, z toho 29. února spadlo 25,5 mm srážek. Po celou dobu panovaly teploty v rozmezí 1 – 6°C a podle stanice Spálenec se nevyskytovala trvalá sněhová pokrývka. Zbytinský potok dosáhl kulminace hladiny 1. března v 11:10 hodnotou 41,5 cm.. Tetřívčí potok dosáhl maximálního vodního stavu o deset minut později než méně lesnaté povodí (H = 45,6 cm). Kulminační průtok obou povodí byl zřejmě okolo 350 l/s.

Rozdíly v chování výzkumných povodí během výrazných odtokových epizod

Během vysokých vodních stavů není snadné interpretovat chování obou zkoumaných hydrologických systémů. Je to dáno nekompletními informacemi, které jsou doposud k dispozici. Přesto se díky příznivým okolnostem nabízí jedno zajímavé srovnání. Během dvou dobře zaznamenaných (výše popsanych) odtokových událostí letního typu – ze srpna 2006 a září 2007 reagovalo lesní povodí prakticky stejnou hodnotou kulminace vodního stavu (57,5 a 57,6 cm) na dvě odlišné příčinné události. Události se lišily jednak vlastnostmi srážky (v září 2007 více jak dvojnásobný úhrn a přibližně dvojnásobná průměrná intenzita srážky) a jednak nasyceností povodí v okamžiku počátku vypadávání srážky. V srpnu 2006 se jednalo o výrazně vyšší nasycenost obou povodí. Byl to důsledek nejvyšší zaznamenané odtokové epizody z poloviny července téhož roku. Vysoká nasycenost lesního povodí tedy vykompenzovala nižší a méně intenzivní srážkovou činnost. Naopak méně lesnaté povodí vykazuje velké rozdíly v hodnotách kulminací hladiny (srpen 2006: H= 40,9 cm, září 2007: H= 49,5 cm).

Je tedy zjevné, že je povodí Zbytinského potoka při velmi vysokých odtokových epizodách relativně méně citlivé na faktor nasycenosti povodí. Nejlépe vypovídající je

ukazatel q_0 tj. specifický průtok v patě odtokové vlny. Méně lesnaté povodí není schopno díky svým půdním a vegetačním vlastnostem vázat velké množství vody po delší dobu. To se může projevit relativně vysokým podílem přímého odtoku a vysokými hodnotami kulminačního průtoku v případě výrazné, avšak izolované, srážkové činnosti v porovnání s povodím lesnatým.

Na druhou stranu však vyšší schopnost dlouhodobé retence může predisponovat lesnaté povodí k výraznějším odtokovým odezvám na opakované srážkové impulzy. Toto schéma bylo zatím spolehlivě potvrzeno pouze u situací s relativně nízkou příčinnou srážkou, kdy se celkový úhrn pohyboval v rozmezí 10 – 15 mm (viz. analýza vybraných srážko-odtokových událostí v kapitole 8).

Vzhledem k výskytu rozsáhlého umělého odvodnění na Zbytinském potoce je možné, že právě vlivem podpovrchové drenáže jsou pozorované rozdíly tak dobře rozeznatelné. Podpovrchové odvodnění velice rychle vysušuje vrchní partie půdního horizontu a převádí část povrchového odtoku na podpovrchový. To by se mohlo stát u některého typu srážko-odtokových událostí (např. situace ze srpna 2002), pro ochranu krajiny před povodněmi výhodou. Na základě pouhých dvou situací s výrazně nižší pravděpodobností opakování nelze zatím tento poznatek přijmout, přesto vrhá na problematiku vlivu lesa a umělého odvodnění na odtok zajímavý pohled. Popsaná úvaha by měla být v budoucnu prověřena analýzou většího počtu výrazných odtokových epizod.

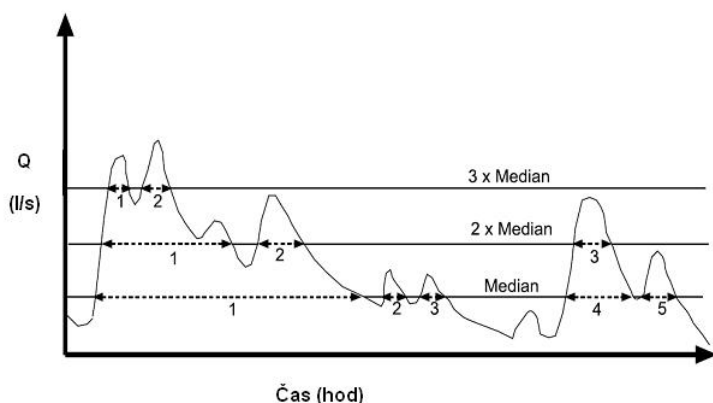
7. HODNOCENÍ VARIABILITY PRŮTOKU METODOU PULZACÍ HYDROGRAMU

7.1 Metoda

Jednou ze základních charakteristik odtokového režimu je variabilita průtoku v určitém období. Kromě základních statistických charakteristik (směrodatná odchylka, koeficient variace, atd.) je vhodným ukazatelem pro posouzení variability průtoku v čase hojně používaná tzv. čára překročení m-denních vod. Ta kvantifikuje pravděpodobnost dosažení či překročení určité velikosti průměrného denního průtoku za uvažované období. Nedostatkem této metody je např. to, že sice víme, že průtok určité velikosti byl dosažen či překročen po m dnů, ale nevíme, zda se tak stalo během jedné dlouhotrvající odtokové epizody, či během bezpočtu kratších událostí. Při posouzení odlišností odtokového procesu dvou hydrologických systémů by nám tak křivka m-denních průtoků mnoho o citlivosti obou systémů, danou rozdíly v rozkolísanosti jejich hydrogramů neřekla. Východiskem v této situaci je metoda, kterou použil pro posouzení odtokového režimu dvou malých povodí ARCHER (2007).

Nejdříve se pro každé povodí vypočítá medián průtoku za celé uvažované období. Dále se definují třídy velikosti průtoku, přičemž hranicemi těchto tříd jsou vybrané násobky hodnoty mediánu průtoku (např. $0,5 \cdot M$, $1 \cdot M$, $2 \cdot M$, $5 \cdot M$, ... kde M značí medián průtoku). Každému dosažení, nebo překročení určité velikostní třídy průtoku v časové řadě, je přiřazeno pořadové číslo. Tímto způsobem zjistíme, kolikrát došlo k dosažení určitého průtoku za celé zkoumané období pro všechny vybrané velikostní třídy průtoku. Podstatu metody vystihuje obrázek 1.

Obrázek 41: Metoda hodnocení četnosti výskytu průtoku nad stanovenou mez



Zdroj: ARCHER (2007), upraveno

7.2 Hypotéza

Na základě odlišností vegetačního krytu, především dvojnásobné lesnatosti povodí Tetřívčího potoka předpokládám, prokazatelné rozdíly ve variabilitě průtoků obou srovnávacích povodí. Z výsledků ARCHERA (2007), který metodu použil v podmínkách Velké Británie na dvou odlišně využívaných povodích, se dá usuzovat, že případné rozdíly se projeví nejvíce pro nízké hodnoty průtoků (přibližně do hodnoty pětinasobku hodnoty mediánu).

7.3 Aplikace metody v zájmovém povodí

Pro posouzení variability průtoků v povodí Zbytinského a Tetřívčího potoka popsanou metodou jsem vycházel z hodinových průtoků obou povodí. Důvodem, proč jsem nevyužil desetiminutových dat, byla značná rozkolísanost hodnot vodních stavů pořízených ultrazvukovými sondami v bezesrážkovém období (viz. obrázek 32). Použití hodinových dat slibovalo určité zmírnění uvedeného nedostatku. Vzhledem k jednotnému použití hodinových dat na obou povodích a výrazně odlišných výsledcích se domnívám, že použití metody v této podobě bylo k porovnání variability průtoků obou povodí dostačující.

Prahové hodnoty jednotlivých kategorií byly stanoveny jako $0,5 \cdot M$, $1 \cdot M$, $2 \cdot M$, $3 \cdot M$, $4 \cdot M$, $5 \cdot M$, $6 \cdot M$, $7 \cdot M$, $8 \cdot M$, $9 \cdot M$ a $10 \cdot M$, kde M značí hodnotu mediánu průtoků. Hodnota mediánu průtoků za celé měřené období (květen 2006 – říjen 2008) je 10,6 l/s na Tetřívčím potoce a 12,3 l/s na Zbytinském potoce. Pro obě povodí nebyly vyhodnocovány průtoky vyšší než desetinásobek mediánu průtoků, protože pro tyto hodnoty nebyl znám dostatečně přesný průběh konsumpční křivky. Podle výsledků které publikoval ARCHER (2007) je obtížné interpretovat variabilitu průtoků dvou povodí pro velmi vysoké vodní stavy. Potýkáme se totiž obvykle s nedostatkem kvalitních dat.

Kromě posouzení četnosti výskytu průtoků nad dané prahové meze, byla sledována také celková délka trvání průtoků nad určitou mezí v rámci sledovaného období a také průměrná doba trvání takového překročení (ARCHER, 2007). Analýza velmi rozsáhlého souboru dat (více než 22 000 záznamů pro každé z obou povodí) proběhla z hlavní části automaticky v prostředí MS Excel. Výhodou použitého postupu byla, v kontextu velkého objemu dat, poměrně snadná kontrola správnosti dosažených výsledků. ARCHER (2007) výpočet prováděl pomocí speciálního analytického programu.

7.4 Výsledky

Detailní přehled o počtu událostí o dané velikosti průtoku, jejich celkové a průměrné době trvání pro obě zájmová povodí prezentují tabulky 19 a 20.

Z porovnání počtu pulzů hydrogramu nad danou mez (obrázek 42) je zřetelné, že zatímco pro průtoky vyšší než sedminásobek hodnoty mediánu průtoku kolísají hydrogramy obou povodí přibližně podobně (o něco více Zbytinský potok), pro rozmezí čtyř až sedminásobku mediánu průtoku lze již prokazatelně rozeznat větší rozkolísanost v průtocích méně zalesněného povodí (asi o třetinu větší). Diametrálně odlišné hodnoty variability vykazují pak průtoky obou povodí v rozmezí trojnásobku mediánu a nižších hodnot průtoků. Největší rozdíl počtu pulzů je v kategorii $<0,5 \cdot M$; $1 \cdot M$), kde M značí medián průtoku. V rámci této kategorie kolísá Zbytinský potok asi jedenáctkrát více než povodí lesnaté. V rozmezí $<1 \cdot M$; $3 \cdot M$) kolísá méně lesnaté povodí téměř 2,5 krát více.

Z porovnání celkové doby trvání průtoků v rámci vybraných velikostních tříd (viz. obrázek 43), vyplynulo několik závěrů. Průtoky větší než pětinašobek hodnoty mediánu trvají o čtvrtinu déle v povodí zalesněném, směrem k vyšším průtokům tento trend zesiluje. Tento jev byl zaznamenán i přesto, že celkový počet událostí (pulzů hydrogramu) byl v zalesněném povodí menší. Průtoky v rozmezí dvou až čtyřnásobku mediánu trvají téměř dvakrát tak dlouho v povodí méně zalesněném, což je důsledek výrazně většího počtu odtokových vln této velikosti. Velmi malé průtoky ($Q < 0,5 \cdot M$) trvají dvakrát tak déle v povodí lesnatém. Je to důsledek nižší variability průtoku tohoto hydrologického systému.

Průměrná délka jednoho pulzu hydrogramu je pro každou zkoumanou velikostní třídu průtoku větší v povodí zalesněném (viz. obrázek 44). Zjednodušeně řečeno trvá každá odtoková vlna v méně lesnatém povodí asi o třetinu kratší dobu, než je tomu u povodí zalesněného. Největší rozdíly jsou opět zřetelné u malých průtoků. Průtoky v rozmezí $0,5 \cdot M$ až $1 \cdot M$ trvají v průměru sedmkrát delší dobu v povodí Tetřívčího potoka. Diskuze o metodě a výsledcích je v kapitole 9.

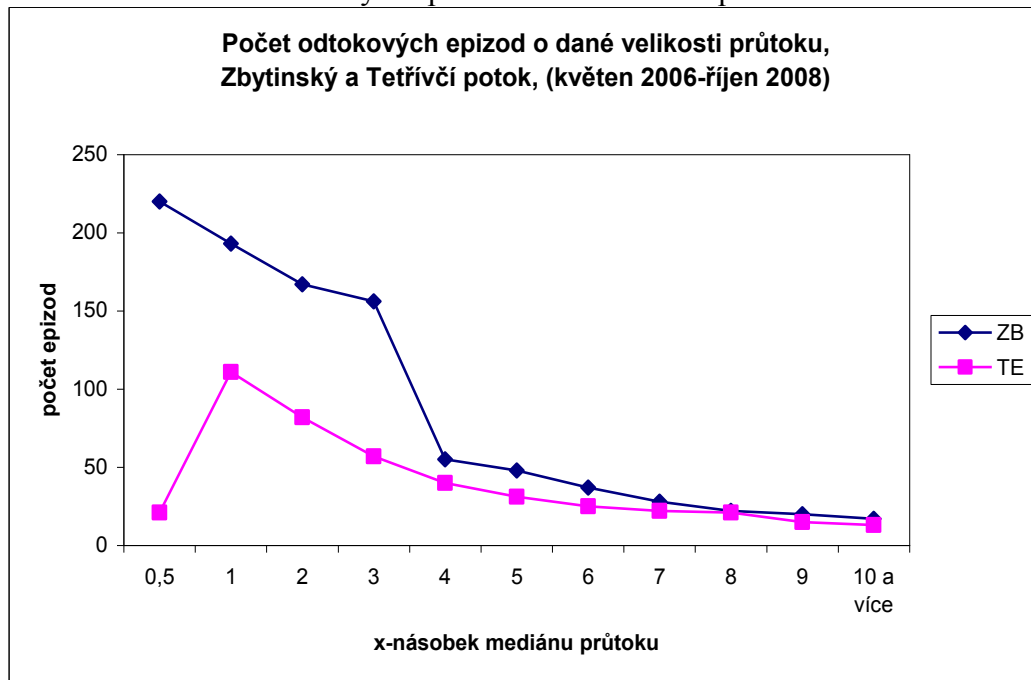
Tabulka 19: Variabilita hydrogramu, Zbytinský potok, květen 2006-říjen 2008

velikostní třída průtoků	počet odtokových epizod	celková doba trvání (hod)	průměrná doba trvání (hod)
<0,5*M	1	1742	1742
<0,5*M; 1*M)	220	9227	41,9
<1*M; 2*M)	193	6002	31,1
<2*M; 3*M)	167	3294	19,7
<3*M; 4*M)	156	1054	6,8
<4*M; 5*M)	55	280	5,1
<5*M; 6*M)	48	119	2,5
<6*M; 7*M)	37	59	1,6
<7*M; 8*M)	28	41	1,5
<8*M; 9*M)	22	29	1,3
<9*M; 10*M)	20	14	0,7
>10*M	17	100	5,9

Tabulka 20: Variabilita hydrogramu, Tetřívčí potok, květen 2006-říjen 2008

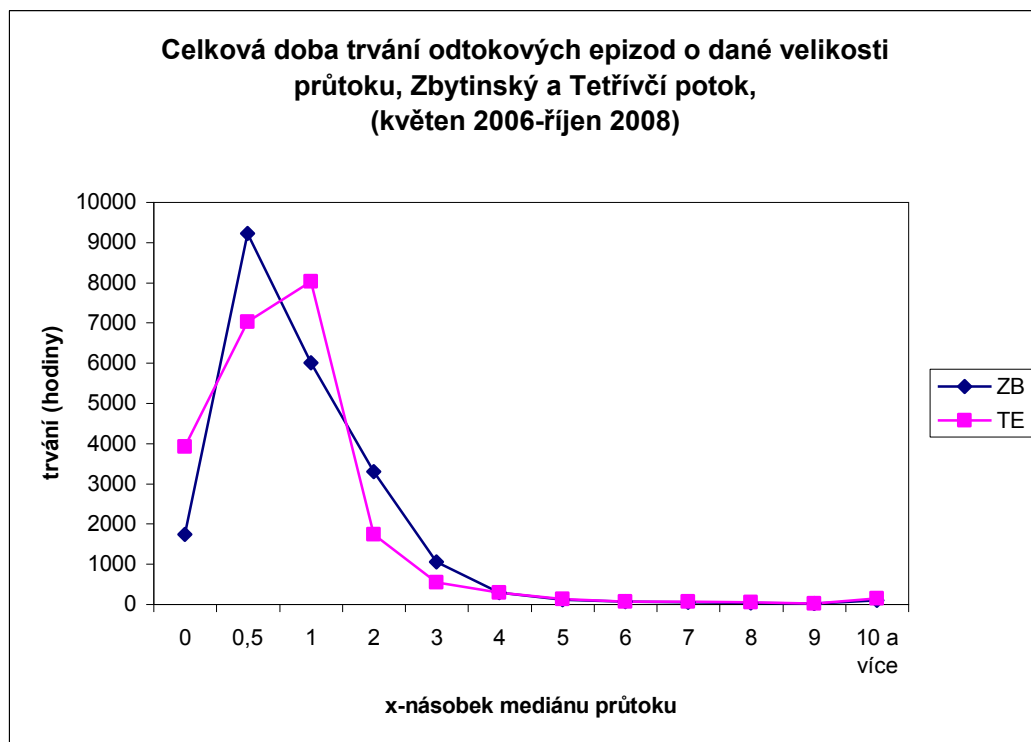
velikostní třída průtoků	počet odtokových epizod	celková doba trvání (hod)	průměrná doba trvání (hod)
<0,5*M	1	3918	3918
<0,5*M; 1*M)	21	7020	334,3
<1*M; 2*M)	111	8018	72,2
<2*M; 3*M)	82	1740	21,2
<3*M; 4*M)	57	534	9,4
<4*M; 5*M)	40	279	7
<5*M; 6*M)	31	128	4,1
<6*M; 7*M)	25	67	2,7
<7*M; 8*M)	22	57	2,6
<8*M; 9*M)	21	40	1,9
<9*M; 10*M)	15	17	1,1
>10*M	13	143	11

Obrázek 42: Počet odtokových epizod o dané velikosti průtoku



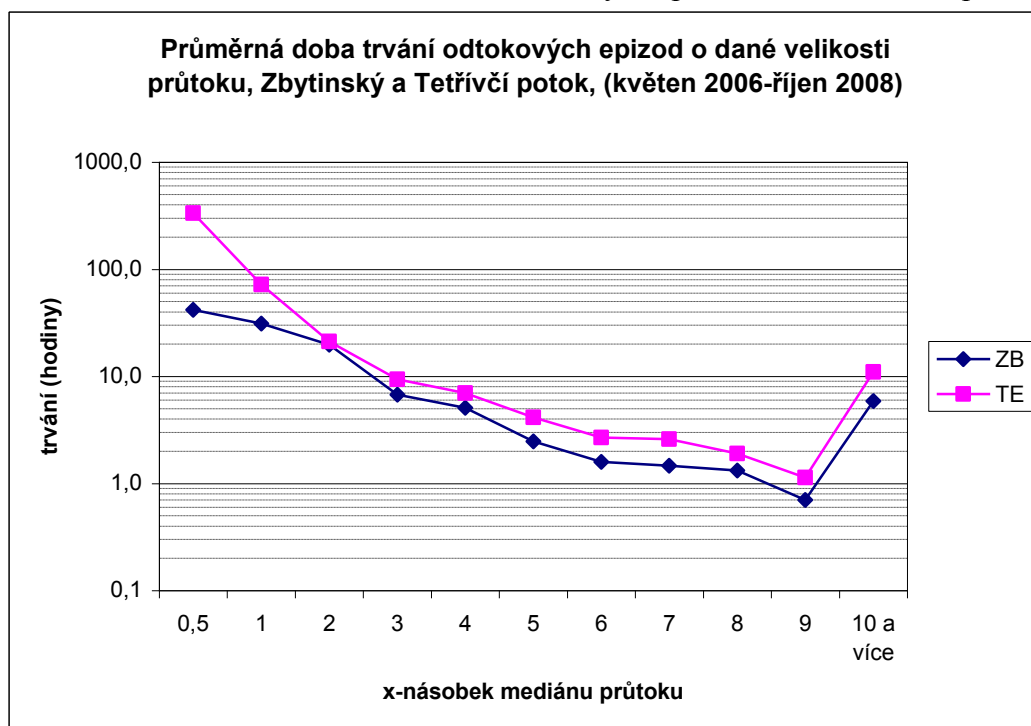
Pozn.: x-násobek mediánu průtoku 0,5 označuje velikostní třídu průtoku v rozmezí $<0,5 \cdot M$; $1 \cdot M$), kde M je medián průtoku, atd., ZB je Zbytinský potok, TE je Tetřivčí potok.

Obrázek 43: Celková doba trvání odtokových epizod o dané velikosti průtoku



Pozn.: x-násobek mediánu průtoku 0,5 označuje velikostní třídu průtoku v rozmezí $<0,5 \cdot M$; $1 \cdot M$), kde M je medián průtoku, atd. ZB je Zbytinský potok, TE je Tetřivčí potok.

Obrázek 44: Průměrná doba trvání odtokových epizod o dané velikosti průtoku



Pozn.: x-násobek mediánu průtoku 0,5 označuje velikostní třídu průtoku v rozmezí $<0,5 \cdot M$; $1 \cdot M$), kde M je medián průtoku, atd., ZB je Zbytinský potok, TE je Tetřívčí potok.

8. ANALÝZA VYBRANÝCH SRÁŽKO-ODTOKOVÝCH EPIZOD

8.1 Metoda

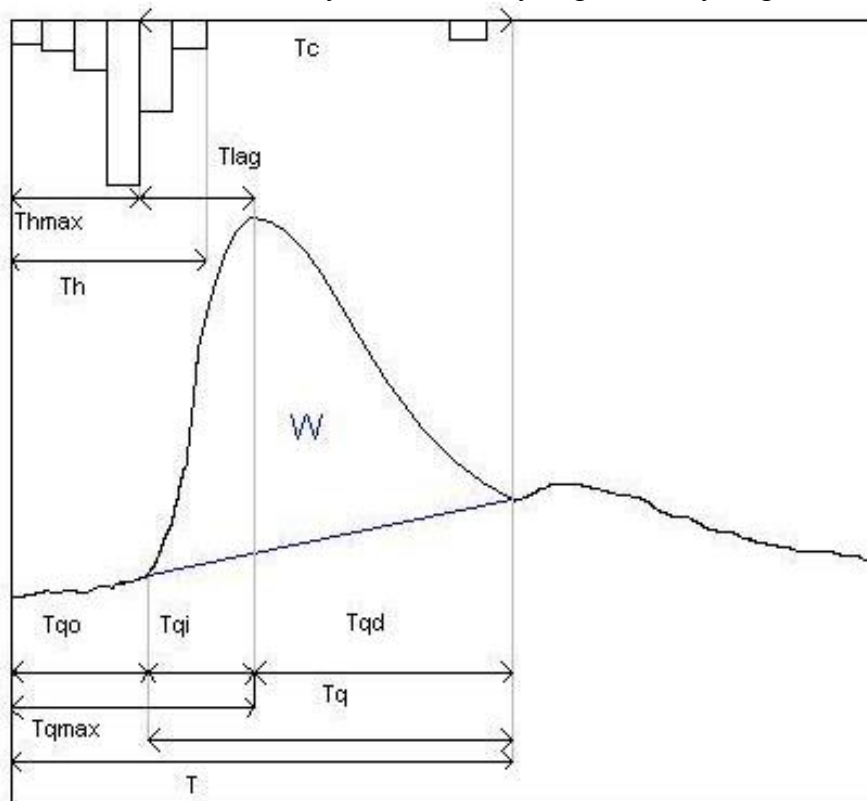
Pro potřebu porovnání odtokové odezvy na srážkové vstupy v lesnatém a méně lesnatém povodí byla aplikována metoda detailní analýzy hyetogramu a hydrogramu vybraných epizod. Níže popsaná metoda nebyla zřejmě v celé podobě doposud publikována. V různých modifikacích se však metoda používá (např. MÁCA a PAVLÁSEK, 2006).

V každé srážko-odtokové epizodě lze rozeznat několik fází. Tyto fáze ohraničené význačnými okamžiky vystihuje obrázek 45. Základní předpoklad metody spočívá v tom, že vlastnosti hydrogramu se mění v závislosti na příčinných proměnných. Příčinnou proměnou mohou být vlastnosti srážky (její výška **H_s** v mm, trvání **T_H** v minutách, průměrná intenzita **I_p** v mm/hod, či maximální desetiminutová intenzita **I_{max}** v mm/hod), nasycenost povodí (stanovena ukazatelem předchozích srážek **API₃₀**, či hodnotou počátečního specifického průtoku **q₀** v l/s/km²), nebo například fáze evapotranspiračního cyklu (stanovena pořadovým číslem týdne v hydrologickém roce během něhož epizoda začala, značíme **ET**). Na základě blízkosti obou povodí lze předpokládat, že příčinné proměnné budou mít velmi podobné hodnoty. Zaznamenané rozdíly v chování obou hydrologických systémů by pak měly být důsledkem jejich odlišných přírodních a hospodářských poměrů (např. vlivem lesa a umělého odvodnění).

Nejdříve si všimneme výrazných fází v rámci hyetogramu. Počátek události (**H₀**) je definován jako okamžik vypadávání příčinné srážky. Období od počátku srážky do okamžiku výskytu maximální intenzity srážky v minutách označíme jako **T_{HMAX}**. Trvání srážky značíme **T_H**. S určitou prodlevou na srážkové vstupy reaguje hydrologický systém výrazným nárůstem průtoku. Časový úsek mezi začátkem srážky a inflexním bodem v patě odtokové vlny v minutách označíme **T_{Q0}**. Časový úsek od počátku události po kulminaci hydrogramu nazveme **T_{QMAX}**. Úsek trvání vzestupné větve hydrogramu nazveme **T_{QI}**. Období mezi počátkem události a ukončením povrchové a hypodermické složky odtoku označíme **T**. Okamžikem ukončení přímého odtoku nám zároveň končí uvažovaná srážko-odtoková epizoda. Tento okamžik se stanoví nejlépe v inflexním bodě na sestupné větvi hydrogramu (DUB a NĚMEC, 1969). Trvání přímého odtoku značíme **T_Q**. Úsek od kulminace průtoku po ukončení přímého odtoku nazveme **T_{QD}**. Období mezi kulminací hyetogramu a kulminací průtoku nazveme **T_{LAG}** a čas mezi kulminací srážky a ukončením epizody, tzv. dobu

koncentrace, značíme T_c . Objem přímého odtoku W v m^3 se stanovuje na základě separace hydrogramu. Separace proběhne konstrukcí úsečky mezi inflexním bodem, při němž dochází k výraznému nárůstu průtoku a inflexním bodem na poklesové větvi hydrogramu.

Obrázek 45: Základní analyzované fáze hyetogramu a hydrogramu



Pozn.: pro větší názornost jsou vybrané proporce přehnány a proto neodpovídají u malých povodí realitě

Z hydrogramu byly dále odečteny ukazatele, které vystihují chování daného hydrologického systému. Jedná se o kulminační specifický průtok q_{MAX} v $l/s/km^2$, hodnotu přírůstku specifického průtoku $q_{MAX}-q_0$ v $l/s/km^2$ a poměr mezi kulminačním a počátečním specifickým průtokem q_{MAX}/q_0 . Mezi jednotlivými proměnnými byla hledána lineární souvislost na základě korelační analýzy. Dá se očekávat, že oba hydrologické systémy se budou lišit v některých typech situací více, v jiných méně. Cílem provedených analýz je upozornit na to, ve kterých podmínkách se povodí prokazatelně liší a ve kterých jsou rozdíly nepatrné.

8.2 Hypotéza

Oba zkoumané hydrologické systémy – lesní povodí a povodí méně lesnaté se budou viditelně lišit v některých vlastnostech hydrogramu. Především lze očekávat vyšší kulminační

hodnoty specifického průtoku v povodí méně lesnatém z důvodu nižší retenční schopnosti tohoto systému. Vlivem lesní vegetace bude kulminace průtoku na lesnatém povodí přicházet později a celková doba trvání odtokové vlny až po okamžik ukončení přímého odtoku zde bude delší. Objem přímého odtoku bude nižší na lesním povodí. Dá se předpokládat, že se budou v některých typech situací rozdíly mezi povodími zvětšovat, v jiných budou naopak těžko prokazatelné.

8.3 Aplikace metody

Analýze byly podrobeny všechny výrazné srážko-odtokové epizody s jedním odtokovým vrcholem, pro než byla k dispozici data o srážkách a výškách hladin v desetiminutovém kroku. Odtokové vlny překračující zkonstruovanou konsumpční křivku nemohly být zkoumány. Dále nebyly zvažovány situace, při nichž srážkové údaje reprezentovaly dostatečně pouze odtokovou odezvu v jednom z povodí.

Index předchozího nasycení **API₃₀** byl počítán na základě třiceti klouzavých dnů z hodinových dat. Pracnější postup má zajistit to, že index bude lépe popisovat skutečnou nasycenost povodí. Výpočetní vzorec má podobu:

$$API_n = \sum_{i=1}^n C^i \cdot P_i \text{ [mm]}$$

kde

- n znamená celkový počet dní před výskytem příčinné srážky, obvykle se volí $n = 30$,
- i je pořadí dne počítané nazpět ode dne, ke kterému je API určován,
- C je evapotranspirační konstanta, pro naše podmínky obvykle $C = 0.93$,
- P je denní úhrn srážky v milimetrech v i -tém dni před výskytem příčinné srážky.

Stanovení okamžiku ukončení podpovrchového odtoku se ukázalo jako poměrně subjektivní. Podobně tomu bylo při stanovení okamžiku počátku přímého odtoku během málo intenzivních srážek. Z tohoto důvodu jsou hodnoty **T_{Q0}**, **T_{Q1}**, **T_{QD}**, **T_Q**, **T_c**, **T** a také **W** pouze přibližné. Důraz byl kladen především na co nejreprezentativnější porovnání obou povodí, spíše než na stanovení nezpochybnitelného začátku a konce odtokové vlny.

Největší důraz byl při vyhodnocení kladen na porovnání obou povodí především z hlediska velikosti přírůstku specifického průtoku, dále pak podle zpoždění kulminace průtoku za kulminací intenzity srážky, a také podle objemu přímého odtoku.

8.4 Výsledky

8.4.1 Porovnání obou povodí podle převažujících situací

Souhrn všech sledovaných charakteristik 23 vybraných srážko-odtokových epizod je uveden v příloze 27 a 28. Pro jednotlivé situace je typické velké rozpětí hodnot sledovaných charakteristik. Detailní výsledky srovnání obou povodí jsou uvedeny v tabulce 21 a příloze 29. Pro větší názornost jsou v tabulce barevně zvýrazněny situace, kdy se hodnota sledovaného parametru v obou povodích prokazatelně lišila.

Hodnota časového rozdílu kulminace srážek a průtoku (T_{LAG}) byla ve 2/3 vybraných situací vyšší na lesnatém povodí. Doba T_{LAG} byla v průměru o 21 % delší na lesním povodí (podle mediánu o 25 %). Obvykle doba T_{LAG} trvala 120 minut na méně lesnatém povodí a o 40 minut déle na lesním povodí (uvedené hodnoty odpovídají mediánu datového souboru).

Povodí se prokazatelně nelišila v délce trvání odtokové vlny (T_Q), ani délce trvání vzestupné větve hydrogramu (T_{QI}). Naopak zřetelný je rozdíl v délce sestupné větve hydrogramu (T_{QD}), která je na lesním povodí delší (vlivem velké rozkolísanosti hodnot se to však neprojevovalo ani v aritmetickém průměru, ani v mediánu).

Určitý vliv vegetace na snižování kulminačních průtoků vyjádřený parametrem $q_{MAX}-q_0$ je z tabulky 21 patrný, ale rozdíl mezi oběma povodími je příliš malý na jednoznačná tvrzení. Podle aritmetického průměru však dosahuje lesní povodí o 8,5 % nižší hodnoty přírůstku specifického průtoku, podle mediánu dokonce o 38,5 %. Hodnoty objemu přímého odtoku se u obou povodí výrazně neliší.

Pro lepší interpretaci dosažených výsledků bylo 23 srážko-odtokových epizod rozděleno na několik typů událostí. Zvlášť byly uvažovány vybrané základní příčinné faktory (nezávislé proměnné) a navíc ještě charakter srážky (definován průměrnou intenzitou a délkou trvání srážky). Nebyl detailně posuzován vliv parametrů T_{HMAX} a I_{MAX} na velikosti závisle proměnných. Oba parametry nabývají významu pouze při intenzivnějších srážkových epizodách a mohou být do značné míry nahrazeny parametry T_H a I_p .

Vliv charakteru příčinné srážky na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Podle charakteru srážky jsem vymezil tři typy situací – A, B, C. Typ A reprezentuje dlouhotrvající srážky o slabé až střední intenzitě. Definoval jsem je jako situace o délce trvání srážky vyšší nebo rovné 10 hodin. Tento typ zastupující regionální deště vystihuje 10 zaznamenaných epizod. S vysokou spolehlivostí byl v rámci tohoto typu prokázán pozitivní vliv vegetace na zpoždění kulminace průtoku za kulminací srážky. Zároveň byla u lesního povodí prokázána delší doba koncentrace (T_c) a také doba trvání nárůstu i poklesu odtokové vlny. Velikost parametru $q_{MAX}-q_0$ se v jednotlivých situacích lišila. Zde je úloha lesa ze získaných záznamů těžko prokazatelná (viz. tabulka 21). Vliv lesa na změnu objemu přímého odtoku nebyl prokázán.

Typ B představuje intenzivní srážky. Tento typ zastupuje 9 zaznamenaných epizod. Definoval jsem je jako události o průměrné intenzitě příčinné srážky větší než 2 mm/hod. Nejedná se však o typické přivalové srážky. S ohledem na fakt, že přivalové srážky zasahují obvykle pouze jedno z obou povodí, nemohly být údaje z takových situací zpravidla porovnávány (např. situace z 19. července 2007). V rámci typu B vykazuje lesní povodí vyšší hodnoty objemu přímého odtoku. Toto zjištění může však být způsobeno nereprezentativností datového souboru zvláště s přihlédnutím k poměrně malému počtu analyzovaných situací. U tohoto typu situací nelze totiž vyloučit výrazně odlišnou distribuci srážek v rámci obou povodí. Dále nebyly zaznamenány žádné výrazné odlišnosti ve sledovaných charakteristikách obou povodí.

Zbylé situace nesplňující kritéria obou předchozích typů jsem označil jako typ C. Ty představují relativně nevýrazné srážko-odtokové epizody, pro které je příznačná střední až nízká průměrná intenzita srážek (do 2 mm/hod) a doba trvání srážky do 10 hodin. Vzhledem k velmi malému počtu situací typu C je třeba brát výsledky provedených analýz u tohoto souboru spíše jako doplňkové a hrubě orientační. Při těchto situacích se vliv lesa prokazatelně projevil pouze delší dobou koncentrace a delší dobou trvání srážko-odtokové epizody (T).

Vliv trvání příčinné srážky na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Na základě délky trvání srážky jsem vymezil tři typy událostí. Prvním typem jsou situace s trváním příčinné srážky menší než 5 hodin. Pro tuto kategorii má méně lesnaté povodí prokazatelně vyšší hodnoty kulminací.

Druhou skupinu situací tvoří události s trváním srážky pět až deset hodin. V rámci této kategorie vykazovalo lesnaté povodí delší dobu trvání poklesové větve hydrogramu, delší dobu koncentrace a nižší objem přímého odtoku. Na méně lesnatém povodí se kulminace odehrály později než u povodí Tetřívčí potok.

Poslední kategorie se shoduje se typem epizody A (viz. srovnání na základě odlišného charakteru srážky).

Vliv velikosti příčinné srážky na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Z hlediska velikosti srážky jsem zkoumal rozdíly obou povodí pro tři vybrané kategorie událostí. První skupinu tvořily situace s nízkým srážkovým úhrnem (do 10 mm). Zde se projevila schopnost lesního povodí zpoždovat kulminace průtoku (hodnota T_{LAG} byla větší na Tetřívčím potoce v 6 ze 7 situací). Doba koncentrace byla delší v povodí Tetřívčího potoka. Dalším poznatkem je, že hodnoty kulminací specifického průtoku jsou nižší na lesním povodí, než u povodí méně lesnatého. Objem přímého odtoku byl obvykle nižší v lesnatém povodí.

U srážek větších než 15 mm se projevila jednoznačně větší transformační schopnost lesnatého povodí. Ke kulminaci průtoku docházelo později na Tetřívčím potoce, také poklesová větev hydrogramu zde byla delší. Zároveň byl kulminační průtok lesního povodí zpravidla nižší. Objem přímého odtoku byl vyšší u méně lesnatého povodí.

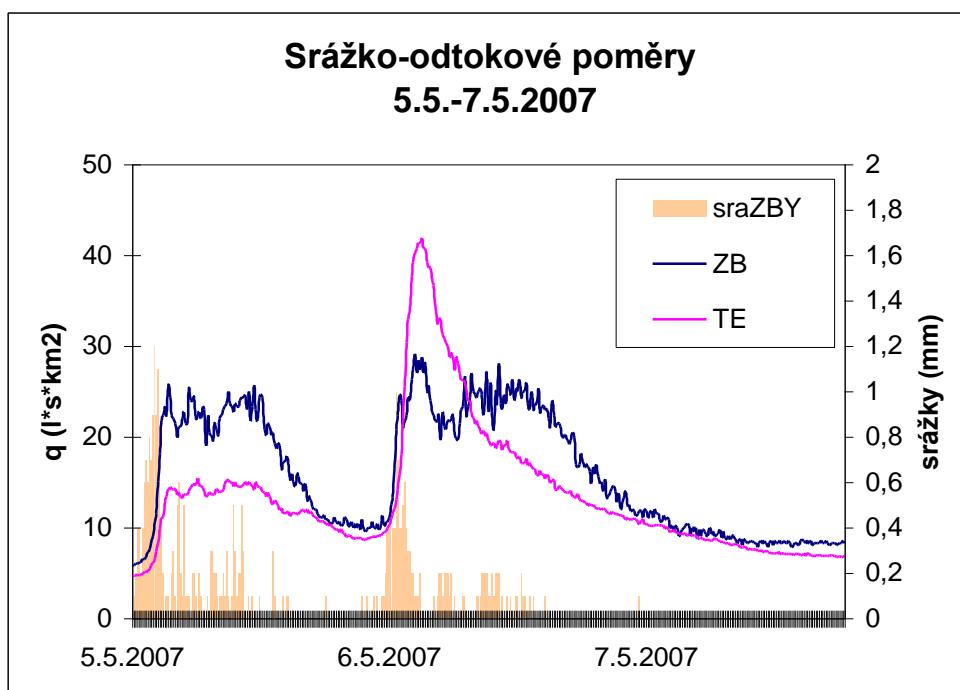
Poměrně jasné a očekávané výsledky, hovořící o pozitivním vlivu lesa na odtok v rámci epizod o nízkém a vysokém srážkovém úhrnu, však nebyly potvrzeny u situací s úhrnem v rozmezí 10-15 mm. Z osmi sledovaných epizod byla na lesním povodí šestkrát zaznamenána vyšší hodnota kulminace specifického průtoku. U pěti situací byl kulminační průtok dosažen dříve právě na Tetřívčím potoce. Proč se oba hydrologické systémy v rámci situací se středními úhrny srážek chovají oproti ostatním dvěma definovaným typům událostí takřka inverzně? Při bližším posouzení všech osmi epizod vyšlo najevo následující: lesní povodí dosahuje vyšších hodnot kulminačního specifického průtoku obvykle ve dvou typech situací. Tyto situace těsně souvisí s nasyceností povodí v okamžiku vypadávaní příčinné srážky.

Prvním z uvedených typů epizod jsou situace, kdy na povodí proběhne těsně za sebou několik odtokových vln. V rámci první vlny je patrná výrazně větší transformace odtoku v povodí lesnatém. Kulminační specifický průtok je v povodí Tetřívčího potoka proto menší a kulminace se dostavuje později v porovnání s povodím méně lesnatým. Pak přichází druhá srážka, která způsobí v lesnatém povodí vyšší kulminaci. Také výskyt kulminačního průtoku je shodný, nebo dokonce rychlejší na lesnatém povodí. Mezi tento typ situací patří například

události z 6.5.2007 a 23.6.2007. Obrázek 46 zachycuje vývoj okamžitého specifického odtoku na obou sledovaných povodí pro situaci z 6.5.2007.

Druhým typem situace, při nichž vykazuje lesnaté povodí větší hodnoty specifického kulminačního průtoku, jsou epizody uskutečněné během déletrvajícího suchého období s výrazně nízkými hodnotami základního odtoku. V takovém období je splněna podmínka, že lesní povodí má větší specifický odtok v okamžiku výskytu příčinné srážky oproti povodí méně lesnatému (vyšší hodnoty q_0).

Obrázek 46: Odtokové poměry výzkumných povodí při výskytu několika srážkových epizod



Pozn.: sraZBY označuje naměřené srážky ve srážkoměru Zbytiny, ZB a TE označují hodnoty specifických průtoků z výzkumných povodí

Tabulka 21: Srovnání povodí podle počtu situací s vyšší hodnotou sledovaného parametru (závisle proměnné).

typ epizody	počet situací		Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
VŠE	23	ZB>TE	8	6	6	10	7	9	6	7	13	13	9	10
		ZB<TE	12	14	15	13	15	13	14	14	9	9	10	9
		ZB≈TE	3	3	2	0	1	1	3	2	1	1	4	4
A	10	ZB>TE	4	1	3	3	3	4	3	1	5	5	4	6
		ZB<TE	5	9	7	7	7	6	7	9	4	4	4	3
		ZB≈TE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1
B	9	ZB>TE	3	3	3	5	4	5	2	4	5	5	3	2
		ZB<TE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
		ZB≈TE	2	2	2	0	1	0	3	1	0	0	1	2
C	4	ZB>TE	1	2	0	2	0	0	1	2	3	3	2	2
		ZB<TE	3	2	4	2	4	3	3	2	1	1	1	1
		ZB≈TE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

Pozn.: barevně zvýrazněná pole označují, které z výzkumných povodí má výrazně větší zastoupení vyšších hodnot sledovaného parametru (závisle proměnné) v návaznosti na typ posuzované situace (definovány hodnotami nezávislých proměnných). Povodí ZB reprezentuje žlutá barva, povodí TE barva zelená. Termínem výrazně větší zastoupení se v tomto případě rozumí situace, kdy jedno z povodí má vyšší hodnoty sledovaného parametru v alespoň dvojnásobném počtu situací oproti druhému povodí, zároveň platí, že počet situací o které se liší je větší než dvě a zároveň platí, že první povodí má vyšší hodnoty sledovaného parametru v počtu situací převyšující hodnotu počtu zbývajících situací z vybraného souboru epizod. ZB≈TE označuje situace, kdy hodnota sledovaného parametru byla v obou povodích stejná (u parametrů označující trvání časového úseku, tj. sloupce 4 –11), popř. se nelišila o více než 5 %. ZB>TE označuje situace, kdy hodnota sledovaného parametru byla vyšší v povodí Zbytiny potok atd.

Vliv velikosti průměrné intenzity srážky na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Opět jsem vymezil tři kategorie epizod, tentokrát podle velikosti průměrné intenzity příčinné srážky. Jde vlastně o jakousi modifikaci rozdělení podle charakteru srážky (viz. výše). První kategorie je tvořena situacemi s hodnotou **Ip** menší než 1 mm za hodinu. V druhé kategorii jsou srážky o středních hodnotách průměrné srážkové intenzity ($2 \text{ mm/hod} \geq I_p \geq 1 \text{ mm/hod}$). Poslední třetí kategorie se shoduje typem B (viz. kategorizace podle charakteru srážky).

V situacích s velmi nízkými průměrnými srážkovými intenzitami se vliv lesa projevil pozdějším výskytem kulminačního průtoku a nižšími hodnotami přímého odtoku. Ostatní sledované parametry se prokazatelně nelišily. V rámci středních průměrných srážkových intenzit byla pro lesní povodí typická delší doba trvání vzestupné i poklesové větve hydrogramu. Situace s průměrnou intenzitou srážky vyšší než 2 mm/hod byly již hodnoceny v rámci epizod typu B na straně 91.

Vliv velikosti indexu předchozího nasycení na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Nasycenost povodí předchozími srážkami podle indexu **API₃₀** se u obou povodí zpravidla mírně liší. Abych mohl porovnávat výzkumná povodí mezi sebou, bylo zapotřebí vycházet ze stejného vzorku analyzovaných epizod. Z tohoto důvodu bylo třeba vztahovat kritéria výběru pouze na jediné povodí. Referenční plochou bylo zvoleno povodí Tetřívčího potoka. Opět jsem vymezil tři typy situací s nízkou střední a vysokou hodnotou ukazatele předchozích srážek. Střední kategorie je přitom vymezena hraničními hodnotami **API₃₀ = 25** a **API₃₀ = 32**. Z výše popsaných důvodů tyto hodnoty platí pro povodí TE, ale nemusí zcela platit pro povodí ZB.

Při malém indexu předchozího nasycení (**API₃₀ < 25 mm**) vykazovalo lesní povodí pozdější výskyt kulminačních průtoků, delší dobu trvání poklesové větve hydrogramu a delší dobu koncentrace. Při středních hodnotách indexu předchozího nasycení se lesní povodí výrazně projevilo pouze delší dobou koncentrace a delší dobou poklesové větve hydrogramu. Při vysokých hodnotách ukazatele předchozích srážek byly zaznamenány vyšší kulminace v méně lesnatém povodí a dále delší doba trvání poklesové větve hydrogramu v rámci povodí Zbytinský potok.

Vliv velikosti počátečního průtoku na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Epizody byly roztrženy podle velikosti hodnoty počátečního specifického průtoku vztahovaného podobně jako v případě ukazatele předchozích srážek k povodí Tetřivčí potok. Při nízkých hodnotách počátečního specifického průtoku na Tetřivčím potoce ($q_0 < 5 \text{ l/s/km}^2$) vykazuje méně lesnaté povodí delší trvání vzestupné větve hydrogramu a rovněž pozdější výskyt kulminací. Při středních hodnotách počátečního průtoku je doba koncentrace delší v lesnatém povodí a kulminace se zde dostávají později než v méně lesnatém povodí. V povodí Zbytinského potoka jsou zpravidla vyšší kulminační specifické průtoky. V případě vysokých počátečních specifických průtoků na Tetřivčím potoce ($q_0 > 7 \text{ l/s/km}^2$) je patrný vliv lesa na prodlužování vzestupné i sestupné větve hydrogramu, prodlužování doby koncentrace a opoždění výskytu kulminace.

Vliv evapotranspiračního cyklu na vlastnosti hydrogramů obou zájmových povodí

Na základě data výskytu byly srážko-odtokové epizody rozděleny na tři typy situací. V situacích začínajících nejpozději 29. týden hydrologického roku mělo lesní povodí delší dobu trvání vzestupné i poklesové větve hydrogramu, delší dobu koncentrace a kulminace se zde vyskytovaly později. Méně lesnaté povodí přitom vykazovalo vyšší hodnoty přímého odtoku. Situace začínající v rozmezí 30. až 40. týdne hydrologického roku byly typické vyššími kulminacemi méně lesnatého povodí. V rámci epizod začínajících po 40. týdnu hydrologického roku mělo lesnaté povodí delší dobu trvání poklesové větve hydrogramu a delší trvání doby koncentrace.

8.4.2 Korelační analýza

Vyhodnocení všech situací

Pomocí korelačního koeficientu je možné zjistit sílu lineární závislosti mezi dvěma a více množinami dat. V tomto případě bylo žádoucí prověřit těsnost vztahů především mezi jednotlivými nezávislými proměnnými (vlastnosti srážky, ukazatel předchozího nasycení, počáteční průtok a fáze evapotranspiračního cyklu) a závislými proměnnými (hodnota přírůstku specifického průtoku $q_{\text{max}} - q_0$, zpoždění kulminace průtoku za kulminací intenzity srážky, objem přímého odtoku). Hlavní snahou bylo zjistit důležitost jednotlivých vstupních proměnných s důrazem na rozdíly v rámci obou povodí. K posouzení těsnosti mezi dvěma

množinami dat byl zvolen Pearsonův korelační koeficient. Do analýzy byly zahrnuty data z 23 srážko-odtokových epizod uvedených v příloze 27 a 28. Kompletní výsledky udávají tabulky 22 a 23.

Z výsledků je patrné, že v obou povodích mají na výskyt vysoké hodnoty kulminace největší vliv jednak velikost srážkového úhrnu a dále průměrná intenzita srážky. O něco menší těsnost s kulminací průtoku má pak maximální intenzita srážky. Největším rozdílem mezi oběma povodími je, že byl nalezen středně těsný vztah mezi parametrem $q_{MAX}-q_0$ a počátečním specifickým průtokem na méně lesnatém povodí, zatímco u Tetřívčího potoka je tato závislost zanedbatelná. Dále byla zjištěna výrazně vyšší těsnost na lesnatém povodí mezi charakteristikami srážkové intenzity (I_p , I_{max}) a parametrem $q_{MAX}-q_0$.

Korelací bylo u obou povodí potvrzeno, že hodnota kulminace se zvyšuje spíše se vzrůstající intenzitou srážky než s délkou jejího trvání. Vliv ukazatele předchozího nasycení a fáze evapotranspiračního cyklu není v rámci analyzovaných situací korelací prokazatelný.

Doba T_{LAG} závisí nejvíce na délce trvání srážky. Dalšími důležitými faktory jsou výška srážky, fáze evapotranspiračního cyklu a průměrná intenzita srážky. Vliv ostatních faktorů se korelací neprokázal. Z hlediska váhy jednotlivých nezávisle proměnných na velikost parametru T_{LAG} se povodí prakticky neliší.

Objem přímého odtoku závisí u obou povodí nejvíce na výšce srážky a trvání srážky. Poměrně významnou roli pak hraje ještě doba mezi počátkem srážky a kulminací intenzity srážky, fáze evapotranspiračního cyklu, a také počáteční specifický průtok. Vliv ostatních faktorů analýza neprokázala. Z významných faktorů vzhledem k objemu přímého odtoku se povodí lišila nejvíce v důležitosti parametru trvání srážky (významnější u méně lesnatého povodí) a výšky srážky (významnější u lesnatého povodí).

Dalším podnětem k aplikaci korelační analýzy byla úvaha, že vstupní parametry nehrají při různém charakteru srážkových situací a stavu nasycení, respektive odlišné fázi evapotranspiračního cyklu, stejnou roli. Kupříkladu stav nasycení povodí bude mít při formování kulminace jinou váhu v situacích s malým celkovým srážkovým úhrnem, než při dlouhotrvající srážce s vysokým úhrnem. Z tohoto důvodu byl analyzovaný soubor 23 epizod rozdělen do obdobných typů situací jako v kapitole 8.4.1. Každý typ události byl zvlášť prověřen korelační analýzou.

Vzhledem ke značnému množství informací, které přinesla provedená analýza jsem se rozhodl v textu hodnotit pouze některé vybrané poznatky, vztahující se k nejvýznamnějším nezávisle proměnným (H_s , I_p , q_0) a nejdůležitějším závisle proměnným.

Je třeba zdůraznit, že výsledky uvedené v této práci se opírají o malý datový soubor, což může negativně ovlivnit výsledky včetně jejich interpretace. Slovní hodnocení citlivosti povodí na jednotlivé proměnné uvedené níže v textu se opírá o rozdíl korelačních matic sestavených zvlášť pro každé povodí a každou sledovanou závisle proměnnou. Odlišnost obou povodí jsem považoval za prokazatelnou, pokud rozdíl jejich korelačních koeficientů dosáhl či překročil hodnotu 0,2 (popř. byl menší nebo roven hodnotě -0,2) v rámci celého souboru 23 hodnocených situací. V případě hodnocení menšího počtu situací jsem jako hranici zvolil hodnotu 0,3 resp. -0,3.

Příklad: Hodnotíme vztah mezi nezávislou proměnnou q_0 a závisle proměnnou $q_{MAX}-q_0$ pro všechny epizody o charakteru srážky B. Odečteme odpovídající hodnoty z přílohy 30 a 31 a vyjde nám hodnota 1,00 (za předpokladu, že odečítáme korelační koeficient lesnatého povodí od povodí méně lesnatého). Jelikož předpokládáme, že u obou povodí bude se vzrůstající nasyceností povodí růst přírůstek specifického průtoku, znamená to, že v povodí Zbytinského potoka je faktor nasycenosti povodí vyjádřený proměnnou q_0 důležitější (prokazatelnější). Hodnota přírůstku specifického průtoku na méně lesnatém povodí je tedy více citlivá na změnu hodnot počátečního průtoku za srážkových epizod o průměrné intenzitě větší než 2 mm. Je potřeba si uvědomit, že tento předpoklad by platil pouze v případě, že ostatní nezávisle proměnné by zůstaly zachovány. Druhým předpokladem uvedené metody je, že mezi oběma analyzovanými proměnnými platí přibližně lineární vztah.

Tabulka 22: Korelační matice vybraných charakteristik hodnocených srážko-odtokových epizod, Zbytinský potok

	Thmax	Th	Hs	Ip	Imax	q0	API30	ET	Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
Thmax	1,00																			
Th	0,62	1,00																		
Hs	0,55	0,47	1,00																	
Ip	-0,42	-0,54	0,17	1,00																
Imax	-0,44	-0,48	0,13	0,87	1,00															
q0	0,23	0,31	-0,07	-0,32	-0,32	1,00														
API30	0,04	-0,10	-0,32	-0,08	0,02	0,25	1,00													
ET	0,25	0,33	0,33	0,19	-0,02	-0,36	-0,17	1,00												
Tqo	0,94	0,51	0,34	-0,43	-0,42	0,26	0,21	0,14	1,00											
Tqmax	0,52	0,92	0,48	-0,38	-0,36	0,24	0,00	0,45	0,38	1,00										
T	0,61	0,90	0,34	-0,42	-0,38	0,20	0,05	0,43	0,59	0,79	1,00									
Tqi	0,27	0,82	0,41	-0,27	-0,26	0,18	-0,07	0,45	0,10	0,96	0,67	1,00								
Tc	0,40	0,85	0,23	-0,36	-0,31	0,16	0,04	0,43	0,39	0,76	0,97	0,69	1,00							
Tq	0,49	0,89	0,31	-0,38	-0,34	0,17	0,01	0,45	0,45	0,80	0,99	0,72	0,99	1,00						
Tqd	0,45	0,52	0,06	-0,30	-0,25	0,08	0,07	0,24	0,55	0,27	0,80	0,12	0,79	0,77	1,00					
Tlag	0,11	0,76	0,29	-0,23	-0,20	0,17	-0,02	0,41	-0,02	0,91	0,62	0,98	0,69	0,69	0,09	1,00				
qmax	0,21	0,11	0,58	0,39	0,31	0,36	0,18	-0,03	0,12	0,19	0,07	0,16	0,01	0,05	-0,08	0,11	1,00			
qmax-qo	0,19	0,09	0,60	0,44	0,35	0,27	0,17	0,01	0,10	0,17	0,05	0,15	0,00	0,03	-0,09	0,10	1,00	1,00		
qmax/qo	0,24	0,04	0,76	0,53	0,46	0,01	0,02	0,13	0,09	0,12	0,00	0,10	-0,07	-0,02	-0,12	0,03	0,91	0,93	1,00	
W	0,53	0,87	0,72	-0,23	-0,24	0,31	-0,13	0,35	0,33	0,89	0,71	0,85	0,66	0,72	0,25	0,77	0,49	0,47	0,45	1,00

Pozn.: symboly jsou vysvětleny v kapitole 8.1

Tabulka 23: Korelační matice vybraných charakteristik hodnocených srážko-odtokových epizod, Tetřívčí potok

	Thmax	Th	Hs	Ip	Imax	q0	API30	ET	Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
Thmax	1,00																			
Th	0,68	1,00																		
Hs	0,48	0,44	1,00																	
Ip	-0,42	-0,51	0,25	1,00																
Imax	-0,40	-0,47	0,18	0,90	1,00															
q0	0,02	0,14	-0,15	-0,31	-0,32	1,00														
API30	0,04	-0,05	-0,32	-0,12	0,06	0,20	1,00													
ET	0,33	0,35	0,31	0,17	-0,05	-0,45	-0,16	1,00												
Tqo	0,91	0,59	0,30	-0,45	-0,42	0,22	0,23	0,22	1,00											
Tqmax	0,56	0,94	0,46	-0,40	-0,38	0,10	0,01	0,40	0,47	1,00										
T	0,68	0,96	0,43	-0,45	-0,41	0,12	-0,02	0,38	0,64	0,89	1,00									
Tqi	0,34	0,86	0,42	-0,30	-0,29	0,05	-0,06	0,38	0,22	0,96	0,79	1,00								
Tc	0,52	0,94	0,36	-0,41	-0,37	0,13	-0,03	0,36	0,49	0,89	0,98	0,83	1,00							
Tq	0,56	0,96	0,41	-0,41	-0,37	0,09	-0,07	0,38	0,50	0,90	0,99	0,84	0,99	1,00						
Tqd	0,59	0,61	0,20	-0,34	-0,30	0,09	-0,05	0,20	0,61	0,37	0,75	0,22	0,71	0,71	1,00					
Tlag	0,25	0,82	0,35	-0,30	-0,28	0,11	0,00	0,34	0,19	0,95	0,77	0,99	0,83	0,82	0,20	1,00				
qmax	0,11	0,03	0,67	0,61	0,59	0,06	-0,02	0,05	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	1,00			
qmax-qo	0,11	0,02	0,69	0,63	0,62	-0,02	-0,03	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	1,00	1,00		
qmax/qo	0,05	-0,04	0,64	0,70	0,68	-0,22	-0,06	0,17	-0,02	-0,01	-0,02	0,00	-0,04	-0,02	-0,03	-0,03	0,95	0,97	1,00	
W	0,56	0,67	0,85	-0,01	-0,05	0,17	-0,07	0,29	0,51	0,71	0,69	0,64	0,64	0,66	0,37	0,61	0,59	0,58	0,47	1,00

Pozn.: symboly jsou vysvětleny v kapitole 8.1

A) Korelace vzhledem k závislé proměnné $q_{MAX}-q_0$

Díky porovnání jednotlivých hodnot korelačních koeficientů (příloha 30 a 31) je zřetelné, jak se měnila důležitost vstupních parametrů na utváření přírůstku specifického průtoku obou povodí vzhledem k charakteru srážkové situace.

Podobné chování výzkumných povodí lze zaznamenat v souvislosti s dobou trvání srážky a fází evapotranspiračního cyklu (význam těchto parametrů klesá směrem od dlouhotrvajících srážek po intenzivní srážkové epizody) a ukazatelem předchozího nasycení (jeho význam vzrůstá směrem od dlouhotrvajících srážek po intenzivní srážkové epizody).

Rozdílné chování výzkumných povodí lze zaznamenat v souvislosti s výškou srážky a průměrnou intenzitou srážky. Význam těchto parametrů se podstatně nemění u lesnatého povodí, u povodí ZB význam parametrů klesá směrem od dlouhotrvajících srážek po intenzivní srážkové epizody. Největší zaznamenaný rozdíl se týká vlivu počátečního specifického průtoku. Zatímco jeho význam směrem od situací typu A k situacím typu B v lesnatém povodí klesá, u povodí Zbytinský potok je to naopak.

V dalším rozboru jsem se zaměřil pouze na hlavní nezávislé proměnné (**Hs, Ip, q₀**). Hlavními nezávislými proměnnými je nazývám, jelikož mají v rámci celého datového souboru relativně nejtěsnější vazbu na závisle proměnnou.

Z hlediska situací o různé výšce srážky se měnila váha hlavních parametrů následovně: v rámci epizod o srážkového úhrnu nižším než 10 mm, vykazovalo lesnaté povodí větší citlivost na parametr průměrné intenzity srážky a naopak menší citlivost na parametr počátečního specifického odtoku. Pro kategorii středních srážkových úhrnů nebyly rozdíly mezi povodími významné. Pro epizody o výšce srážky větší než 15 mm bylo méně lesnaté povodí citlivější na změny hodnot parametru **Ip**.

Z hlediska situací o různé průměrné intenzitě srážky se měnila váha hlavních parametrů následovně: v rámci epizod o průměrné intenzitě srážky vyšší nebo rovna 1 mm/hod vykazovalo lesnaté povodí vyšší citlivost na velikost výšky srážky a naopak nižší citlivost na hodnoty počátečního specifického průtoku. Pro kategorii epizod o velmi nízké průměrné intenzitě srážky se výzkumná povodí prokazatelně nelišila.

Z hlediska situací o různém počátečním specifickém průtoku se váha hlavních parametrů prokazatelně nelišila.

B) Korelace vzhledem k závislé proměnné T_{LAG}

Podobně jako v předešlé části jsem nejdříve hodnotil vztah vybraných parametrů obou povodí pro situace s různým charakterem srážky. Směrem od dlouhotrvajících srážek k srážkám intenzivním klesá, z pohledu proměnné T_{LAG} , význam délky trvání srážky, výšky srážky a fáze evapotranspiračního cyklu. Vyrůstá naopak význam průměrné intenzity srážky a nasycenosti povodí (vyjádřenou především počátečním specifickým průtokem). To platí pro obě povodí.

Hlavní rozdíly výzkumných povodí v návaznosti na charakter srážky a proměnnou T_{LAG} se týkají dvou parametrů. Směrem od dlouhotrvajících srážek k srážkám intenzivním se méně lesnaté povodí stává citlivější na změny trvání srážky a hodnoty počátečního specifického průtoku.

Při krátkém trvání srážky (do 5 hodin) je méně lesnaté povodí, oproti povodí TE, citlivější na změny výšky srážky, průměrné intenzity srážky i fáze evapotranspiračního cyklu. Při trvání srážky v rozmezí 5 až 10 hodin je méně lesnaté povodí citlivější na změnu výšky srážky. Při trvání srážky nad 10 hodin nebyly mezi oběma povodími nalezeny výrazné rozdíly.

Pro srážkové epizody o výšce srážky od 10 mm do 15 mm byla zaznamenána větší citlivost lesnatého povodí na změnu parametru ET a parametru trvání srážky a naopak nižší citlivost na změnu průměrné intenzity srážky, než je tomu u méně lesnatého povodí. Při srážkách nad 15 mm či srážkách pod 10 mm nebyly prokázány rozdíly mezi povodími.

Vliv parametru ET na formování hodnoty T_{LAG} je následující: pro epizody začínající do 30. týdne hydrologického roku byla prokázána větší těsnost mezi trváním srážky a dobou mezi kulminací intenzity srážky a kulminací průtoku. Podobně tomu bylo u parametru výšky srážky. Pro epizody z 30. až 40. týdne hydrologického roku byla citlivost méně lesnatého povodí na výšku spadlé srážky větší. Pro epizody začínající po 40. týdnu hydrologického roku nebyly u obou povodí nalezeny rozdíly.

V rámci málo intenzivních srážek ($I_p < 1$ mm/hod) nebyly korelační koeficienty obou povodí, vzhledem k závislé proměnné, výrazně odlišné. Při středních průměrných intenzitách srážky bylo lesní povodí citlivější na hodnoty trvání srážky a výšku srážky. Méně citlivé bylo lesní povodí na parametr ET . Při vyšších hodnotách průměrné intenzity srážky ($I_p > 2$ mm/hod) bylo méně lesnaté povodí citlivější na hodnoty trvání a výšky srážky než povodí lesnaté. Kompletní výsledky jsou v příloze 32 a 33.

C) Korelace vzhledem k závislé proměnné W

Nejdříve zhodnotím vztah vybraných parametrů obou povodí k hodnotám objemu přímého odtoku v závislosti na charakteru srážky. Směrem od dlouhotrvajících srážek k srážkám intenzivním klesá, z pohledu proměnné W , význam délky trvání srážky a fáze evapotranspiračního cyklu. Význam délky časového úseku mezi počátkem srážky a kulminací intenzity srážky, maximální intenzity srážky a indexu předchozích srážek naopak klesá. Význam průměrné intenzity srážky se v návaznosti na změnu charakteru srážky prakticky nemění. Tyto poznatky se týkají obou povodí.

Rozdíly mezi výzkumnými povodími se projevují s ohledem na charakter srážky následovně: směrem od dlouhotrvajících srážek k srážkám intenzivním klesá v méně lesnatém povodí význam výšky srážky na formování objemu přímého odtoku, v povodí lesnatém zůstává váha tohoto parametru bez podstatných změn. Na lesnatém povodí dále dochází směrem k intenzivním srážkám k oslabování těsnosti vztahu mezi hodnotami počátečního specifického průtoku a hodnotami parametru W , zatímco na méně lesnatém povodí citlivost na hodnoty počátečního specifického průtoku prudce narůstá.

Dalšímu rozboru jsem podrobil pouze dva nejdůležitější parametry, tj. výšku srážky a trvání srážky. Při epizodách o trvání příčinné srážky do pěti hodin je méně lesnaté povodí citlivější na parametry výšky srážky a fáze evapotranspiračního cyklu, opačně je tomu u povodí méně lesnatého. Při trvání srážky nad pět hodin nebyly mezi povodími nalezeny prokazatelné rozdíly.

Při epizodách s velmi nízkou výškou srážky (do 10 mm) je lesnaté povodí více citlivé na změnu hodnoty parametru ET . Při událostech se srážkovým úhrnem v rozmezí 10 až 15 mm je méně lesnaté povodí citlivější na změnu hodnot parametrů T_{HMAX} a T_H . Při situacích s výškou srážky vyšší než 15 mm je lesnaté povodí citlivější na změnu hodnoty parametru T_H . Kompletní výsledky jsou v příloze 34 a 35.

Stručné shrnutí nejvýznamnějších poznatků této kapitoly a diskuze nad metodou a dosaženými výsledky jsou uvedeny v kapitole 9.

9. DISKUZE

V této kapitole bych chtěl shrnout hlavní výsledky práce a diskutovat, jakou roli mají na jejich podobu použité metody. K jednotlivým výsledkům se budu vyjadřovat chronologicky, v souladu se strukturou práce.

Dva a půl roku pozorování je velmi krátká doba pro detailní posouzení vlastností hydrologických systémů a rozpoznání všech jejich odlišností. Vliv vegetace je v mnohých lokalitách ve světě i u nás zkoumán i několik desítek let a přes to jsou získané výsledky často nejednoznačné. Domnívám se však, že tato práce přinesla velké množství poznatků, které dokazují že se chování vybrané dvojice povodí s rozdílným hospodářským využitím liší.

V kapitole 4 jsem odvodil průměrné hodnoty odtokových křivek CN pro obě povodí. Z výsledků vyplývá, že se schopnost generovat přímý odtok v obou zájmových lokalitách prakticky neliší. Tuto informaci je nutné brát s určitou rezervou. Výpočet je omezen především přesností vstupních dat (půdní mapa, mapa lesních typů). Rozlišovací schopnost mapových podkladů použitých k odvození hodnot CN není vzhledem k malé velikosti výzkumných povodí ideální. Další chyby mohou nastat například subjektivním zařazením některých ploch ke kategoriím využití půdy, uvedených v katalogu hodnot CN (JANEČEK, 2002). Největší potenciální chyba však nastává při hodnocení lesních půd. Přesné údaje o vlastnostech lesních půd lze zjistit pouze detailním pedologickým průzkumem, který zatím nebyl v experimentálních plochách proveden.

Odtokový režim obou výzkumných povodí je závislý především na srážkách. Je všeobecně známo, že srážky jsou jedním z nejdynamičtějších meteorologických prvků. Přesnost měření srážek je rozhodující pro poznání srážko-odtokových poměrů výzkumných lokalit. Dá se říci, že srážkoměr Zbytiny (ZBY) je během období letního půlroku plně dostačující pro vyhodnocení déletrvajících srážkových epizod. U několika situací s velmi vysokou průměrnou intenzitou srážky se ukázala nedostatečná reprezentativnost jediné srážkoměrné stanice pro obě povodí.

Srážkoměr Koryto (KOR) vykazuje větší rozkolísanost dat a jeho úloha je spíše kontrolní. Rozkolísanost dat u stanice KOR může znamenat velmi vysokou prostorovou variabilitu srážek v oblasti výzkumných povodí, nebo může být např. způsobena tím, že

uvedená stanice špatně reprezentuje své okolí. Srážkoměr KOR má jinou nadmořskou výšku i expozici než zbylé dvě stanice (ZBY a SPA).

V období zimního půlroku jsou k dispozici pouze denní srážkové úhrny ze stanice Spálenec (SPA). Tento stav neumožňuje detailně hodnotit odtokový proces v rámci uvedeného období. Data ze stanice SPA tak slouží pouze pro přibližné stanovení hydrologické bilance výzkumných povodí. Srážkoměr SPA svou blízkostí a nadmořskou výškou dobře reprezentuje povodí Zbytinského potoka. Pro výše položené povodí Tetřívčího potoka je reprezentativnost srážkoměru SPA již výrazně horší. Terénní měření výšky sněhové pokrývky a vodní hodnoty sněhu nebylo prakticky prováděno.

Rozdíly v hydrologické bilanci obou výzkumných povodí jsou v rámci období zimního půlroku velmi výrazné. Domnívám se proto, že je nelze přičíst pouze málo reprezentativním srážkoměrným údajům. Hlavními příčinami rozdílů mezi povodími budou zřejmě přírodní a hospodářské poměry obou výzkumných lokalit, nikoliv nerovnoměrné srážkové vstupy.

Časové období (květen 2006 – říjen 2008) lze v rámci zájmové oblasti charakterizovat jako srážkově nadprůměrné. Určil jsem dobu opakování denních srážkových úhrnů o různé velikosti pro stanice Spálenec a Zbytiny. Vzhledem k délce zpracované datové řady mají tyto hodnoty spíše orientační charakter (zvláště u stanice ZBY). Dále jsem analyzoval jednotlivé srážkové epizody a určil vztahy mezi hlavními parametry srážek – srážkovým úhrnem, průměrnou intenzitou srážky, délkou trvání srážky a maximální intenzitou srážky.

Srážkovou epizodu jsem definoval hodnotou minimálního srážkového úhrnu a maximální délkou časového období, po kterou nebyly srážky zaznamenány. Obě kritéria jsou subjektivní. Pro odtokové poměry mají význam především srážky o vyšším celkovém úhrnu než jakou má definovaná hraniční hodnota (1 mm). Rovněž druhé kritérium, které rozhoduje o formálním ukončení srážkové epizody, bylo zvoleno dle mého názoru citlivě. Jako minimální délka časového období mezi dvěma srážkovými epizodami byla zvolena hodnota $t = 50$ minut. Jelikož definici srážkové epizody vyhovovalo velké množství situací, analyzoval jsem vztahy mezi hlavními parametry srážek zvlášť pro dva soubory dat. První datový soubor tvořily všechny epizody, druhý soubor byl tvořen pouze srážkovými epizodami s úhrnem vyšším než 5 mm. Hranice 5 mm byla zvolena, jelikož se na obou povodích tento srážkový úhrn vždy projeví zvýšením průtoku.

Získané vztahy mezi parametry srážek pro oba soubory dat potvrzují všeobecně známé skutečnosti. Bylo například potvrzeno, že regresní vztahy mezi srážkovým úhrnem, délkou trvání a průměrnou intenzitou srážky jsou velmi volné – koeficient determinace je nízký. S narůstající dobou trvání srážky obvykle téměř lineárně roste srážkový úhrn. S narůstající

dobou trvání srážky exponenciálně klesá průměrná intenzita srážky. Poměrně vysoká těsnost je mezi průměrnou a maximální (desetiminutovou) intenzitou srážky – zde platí téměř lineární závislost.

Hlavním zdrojem chyb při hodnocení odtokových poměrů je zpravidla nepřesná znalost vztahu mezi vodním stavem a průtokem. V praxi se ukázalo, že změření nejvyšších kulminačních průtoků dvou malých povodí je velmi obtížné. Je to dáno malou rozlohou obou výzkumných lokalit. Velikost povodí se projevuje ve velice rychlé kulminaci průtoku po kulminaci intenzity srážky, tj. krátkou dobou doběhu.

Problematickým bodem je extrapolace konsumpční křivky směrem k vyšším hodnotám vodních stavů. Extrapolace měrné křivky průtoku byla provedena na základě extrapolace hodnot střední profilové rychlosti. Tato metoda je v praxi ČHMÚ (POLCAR, 2006) upřednostňována před extrapolací pomocí koeficientů drsnosti n , odvozených z Manningova vzorce. Nesoulad mezi velikostí kulminačních průtoků obou povodí při nejvyšších zaznamenaných vodních stavech ukazuje, že extrapolované úseky měrných křivek průtoku jsou s velkou pravděpodobností chybné a budou muset být v budoucnu poopraveny. Důvodem této chyby jsou nespolehlivé hodnoty nejvyšších změřených průtoků.

Značná spolehlivost stávajících konsumpčních křivek pro hodnoty do desetinásobku mediánu průtoku pro obě povodí znamená, že hydrologická bilance z let 2007 a 2008 je stanovena věrohodně. V rámci letního půlroku 2006 v budoucnu dojde u obou povodí k výraznějším korekcím hydrologické bilance, proto ji v práci neuvádím.

Zaznamenané rozdíly v odtokovém koeficientu, který je vyšší v méně lesnatém povodí dobře korespondují s poznatky z literatury (např. VÁLEK, 1962). Tento jev je z velké části způsoben odlišnými vegetačními poměry, malou roli zde bude hrát o něco větší sklonitost méně lesnatého povodí. V lesnatém povodí je vyšší transpirace, tedy vyšší ztráty a nižší odtok.

Další poznatek, že vyšší hodnoty odtokového koeficientu jsou vázané na období zimního půlroku, rovněž souhlasí s výsledky jiných výzkumů (BÍBA et. al. 2001). Vysvětlení je uvedeno v následujícím odstavci.

Analýza průměrných měsíčních průtoků ukázala, že v letní polovině roku se povodí liší jen málo, zatímco v zimním půlroce jsou rozdíly velmi výrazné. Domnívám se, že je zvýraznění rozdílu mezi povodími v zimním půlroce způsobeno vegetačními poměry. V letní polovině roku je v povodí Zbytinského potoka přítomna nízká vegetace, která díky transpiraci do značné míry nahrazuje nepřítomnost lesa. Tento poznatek potvrzují výsledky které

publikoval ŠÍR at. al. (2004). Naopak v zimní polovině roku se naplno projeví rozdíly ve vegetačním pokryvu. Rozdíl odtokových poměrů obou povodí v zimním půlroce by neměl být způsoben nepřesností konsumpčních křivek. Domnívám se tak proto, že k překročení nejvyšších spolehlivě naměřených průtoků docházelo pouze výjimečně.

Dále se prokázala větší variabilita datové řady průměrných měsíčních průtoků na povodí méně lesnatém oproti povodí lesnatému. I tento poznatek je zcela v souladu s vlastnostmi obecně připisovaným vlivu vegetace na odtok.

Korelací měsíčních úhrnů srážek s měsíčními odtokovými výškami se ukázala silnější závislost těchto veličin v lesnatém povodí. V literatuře jsem podobný výsledek dosud nenalezl. Domnívám se, že tento poznatek bezprostředně souvisí s vývojem odtokového koeficientu obou povodí v rámci hydrologického roku. Lesnaté povodí má relativně stabilní poměr mezi odtokem a ztrátami po celý rok, což neplatí u povodí méně lesnatého v důsledku zapojení nízké vegetace pouze v rámci letního půlroku.

Analýza denních průměrných průtoků obou povodí za období (listopad 2006 – říjen 2008) potvrdila předpoklad, že medián i aritmetický průměr těchto datových řad bude vyšší na méně lesnatém povodí (o 21 resp. 31 %). Tento výsledek opět připisuji vlivu rozdílné transpirace v rámci výzkumných lokalit.

Korelace datových řad denních průměrných průtoků obou povodí prokázala, že jsou odtokové poměry dvou výzkumných lokalit v rámci celého monitorovaného období podobné (Pearsonův koeficient korelace = 0,87). V podmínkách hydrologicky suššího hydrologického roku 2007 (srážkově vydatnější avšak velmi nevyrovnaný oproti roku 2008) byly rozdíly v odtokových poměrech obou povodí ještě menší (koef. korelace = 0,92).

Hodnocení variability denních průměrných průtoků v jednotlivých hydrologických letech 2007 a 2008 prokázalo vyšší rozkolísanost dat u méně lesnatého povodí. Vypovídá to o větších transformačních schopnostech lesnatého povodí. Bez přítomnosti podpovrchové drenáže v povodí Zbytinského potoka by rozdíly, způsobené vlivem odlišných vegetačních poměrů, byly patrně ještě větší.

Porovnáním čar překročení průměrných denních specifických průtoků se ukázalo, že lesnaté povodí vykazuje vyšší hodnoty minimálních průtoků. V oblasti středních vodních stavů je specifický průtok vyšší na méně lesnatém povodí. Vysoké vodní stavy nebylo možné spolehlivě vyhodnotit. Tyto poznatky o vlivu vegetace na m – denní vody potvrzuje také literatura (ČERMÁK, 1956). Přítomnost podpovrchové drenáže na Zbytinském potoce zřejmě mírně vyrovnává rozdíly mezi oběma povodími způsobené vlivem vegetace.

Analýza hydrogramu v oblasti nízkých vodních stavů prokázala, že hydrologické sucho, vymezené hodnotou průtoku Q_{355} je méně výrazné v lesnatém povodí a vyskytuje se s několikanásobným zpožděním oproti povodí méně lesnatému.

Studium vysokých vodních stavů je v současné době omezeno kvalitou konsumpčních křivek a krátkou dobou pozorování. Na příkladu dvou povodňových situací jsem prokázal, že uměle odvodněné povodí Zbytinského potoka je při velmi vysokých odtokových epizodách méně citlivé na faktor nasycenosti povodí než povodí lesnaté. Nejreprezentativnějším ukazatelem stavu nasycení je v tomto případě specifický průtok v patě odtokové vlny.

Zmíněný rozdíl v citlivosti obou povodí na faktor nasycenosti se projevuje v jejich odlišném chování pro dvě základní modelové situace. První případ nastává při izolované srážkové činnosti, kdy nasycenost obou povodí je celkově nižší. Za této situace je odezva méně lesnatého povodí výraznější - kulminační specifický průtok je v lesním povodí nižší. Tento poznatek přikládám vlivu větší retenční schopnosti lesnatého povodí.

Druhou modelovou situací je případ, kdy se vyskytne více srážkových epizod v krátkém časovém období (resp. jedna dlouhá, přerušovaná srážková epizoda) a nasycenost obou povodí postupně narůstá. Za těchto podmínek je zajímavé sledovat odezvu lesnatého povodí. Při první srážce je kulminační specifický průtok lesnatého povodí nižší než u Zbytinského potoka, tedy ve shodě s první modelovou situací. V okamžiku příchodu druhé srážkové epizody je však nasycenost obou povodí již značná. Druhá kulminace je pak zpravidla vyšší na lesnatém povodí. Tuto zajímavou skutečnost přikládám z velké části vlivu podpovrchového odvodnění na méně lesnatém povodí. Drenážní síť totiž odvádí část vlhkosti z vrchní části půdního horizontu a tím výrazně redukuje možnost vzniku povrchového odtoku.

Na základě korelační analýzy vybraných charakteristik hyetogramu a hydrogramu byl předchozí poznatek potvrzen u opakovaných srážkových epizod s celkovým srážkovým úhrnem druhé epizody $H_s = <10,15>$ mm.

Analýza pulzací hydrogramu v kapitole 7 přinesla velmi zajímavé výsledky. Plně se prokázala formulovaná hypotéza. Lesnaté povodí vykazuje výrazně nižší rozkolísanost pro celé vyšetřované rozpětí hodnot hodinového průměrného průtoku (do hodnoty desetinásobku mediánu průtoku). Největší rozdíly v rozkolísanosti obou povodí jsou zaznamenány do hodnoty čtyřnásobku mediánu průtoku. Tím se potvrdil předpoklad, že lesnaté povodí bude v důsledku vyšší retenční schopnosti méně náchylné ke změnám hodnot průtoku a jednotlivé odtokové vlny zde budou trvat déle.

Optimální možností by bylo analyzovat rozkolísanost na desetiminutových datech pro celé měřené období. K tomu by bylo zapotřebí znát průběh měrné křivky průtoku obou povodí pro vysoké vodní stavy a dále se vypořádat s nepřesnostmi ultrazvukových hladinoměrů. Dá se však předpokládat, že se vzrůstající velikostí průtoku se budou rozdíly v rozkolísanosti obou povodí snižovat. Naopak aplikací desetiminutových dat se patrně prohloubí rozdíly mezi povodími.

Vzhledem k výrazným rozdílům ve variabilitě průměrných hodinových průtoků se nabízí otázka, jakou roli zde může hrát nepřesnost záznamů pořízených ultrazvukovými sondami. Tento problém zcela neodstranilo ani použití hodinových dat. Detailní analýza velikosti možných chyb v hydrogramech obou povodí, způsobených náchylností ultrazvukových čidel na příkon radiace, nebyla zatím provedena. Domnívám se však, že výsledky z obou povodí jsou natolik odlišné, že podávají zřetelný důkaz o větší variabilitě průtoku v nezalesněném povodí.

Detailní analýza hyetogramu a hydrogramu vybraných srážko-odtokových epizod přinesla velké množství informací o chování obou povodí. Byl sledován vliv hlavních příčinných proměnných na hodnoty velikosti kulminace, dobu výskytu kulminace, velikost objemu přímého odtoku a další charakteristiky. Je třeba zdůraznit, že 23 vybraných situací představuje poměrně malý soubor dat. Hypotéza formulovaná v kapitole 8.2 se ve všech bodech neprokázala.

Pro výpočet přímého odtoku během vybraných situací jsem použil jednoduchou metodu separace hydrogramu kterou doporučuje DUB a NĚMEC (1969). Úskalí zmiňovaného postupu je v tom, že stanovení konce odtokové vlny je poměrně subjektivní. Potenciální chyba určení konce výskytu přímého odtoku patrně vzrůstá s dobou trvání srážkové události. Odhaduji, že z tohoto důvodu mohou být výsledky týkající se parametrů T_{Q0} , T_{Q1} , T_{QD} , T_Q , T_c , T poněkud zkreslené. Výše uvedený nedostatek však významně méně ovlivní výsledky vztahující se k objemu přímého odtoku. Domnívám se, že velikost relativní chyby při určování objemu přímého odtoku by neměla překročit hodnotu 10 %. Navíc tato chyba by měla být u obou povodí přibližně srovnatelná.

V literatuře je obvykle uváděno, že objem přímého odtoku je v lesnatém povodí nižší, než u povodí méně lesnatého. V této práci se to podařilo prokázat pouze na části datového souboru reprezentující dlouhotrvající srážkové epizody. Během kratších a intenzivních srážkových epizod mělo lesnaté povodí naopak větší objem přímého odtoku. Je otázkou, zda

to souvisí s vlivem vegetace či přítomností podpovrchového umělého odvodnění, nebo zda byla během intenzivních srážkových epizod vláhová dotace v obou povodích nerovnoměrná.

Z pohledu výskytu kulminačních průtoků lze říci, že na méně lesnatém povodí se kulminace dostavuje rychleji. Platí to zcela prokazatelně u dlouhotrvajících srážkových situací. U situací s velmi intenzivní srážkovou činností naopak nebyl vliv lesa zřetelný. Může to však být opět do jisté míry způsobeno nereprezentativním datovým souborem.

Z hlediska velikosti kulminačního specifického průtoku nebyly zaznamenány prokazatelné rozdíly obou povodí. V rámci analyzovaného vzorku 23 epizod byly sice podle aritmetického průměru i mediánu vyšší hodnoty kulminací v povodí méně lesnatém (o 8,5 %, resp. 38,5 %), avšak z hlediska počtu situací s vyšší kulminací se povodí příliš nelišila. Vliv vegetace na tlumení velikosti kulminací je tak třeba považovat za neprůkazný. Platí to jak pro déletrvající, tak pro intenzivní srážkové epizody.

Provedená korelační analýza podhaluje význam parametrů srážky, nasycenosti povodí a fáze evapotranspiračního cyklu pro formování odtokového procesu na obou zkoumaných lokalitách s důrazem na jejich rozdíly. Výsledky ukazují, jak se mění váha vybraných faktorů v návaznosti na jejich konstelaci. Při formování kulminačního průtoku hraje u obou povodí odlišnou roli průměrná intenzita srážky a nasycenost povodí daná hodnotou počátečního průtoku. Z výsledků vyplývá, že na lesnatém povodí vzrůstá směrem od intenzivních srážkových epizod k dlouhotrvajícím srážkám význam parametru q_0 , zatímco v méně lesnatém povodí význam tohoto parametru naopak klesá.

Je potřeba zmínit, že korelační analýza vychází z předpokladu lineární vazby mezi proměnnými. Tento požadavek však nemusí být vždy zcela dodržen. V případě, že uvedený požadavek dodržen není, neprokazuje nízký koeficient korelace nezávislost dvou proměnných, ale pouze jejich nelinearitu. Lze však předpokládat, že i v takovém případě je možné výsledky s omezeními interpretovat, protože uvedená nelinearita by měla být v obou povodích přibližně srovnatelná. Vhodným doplňkem použitého postupu by byla například aplikace Spearmanova pořadového korelačního koeficientu. Opět je třeba kriticky přistupovat k získaným výsledkům, jelikož byly pořízeny v rámci malého datového souboru.

10. ZÁVĚR

Detailní poznání srážko-odtokových poměrů malého povodí s důrazem na vliv hospodářského využití je velmi aktuálním tématem současné hydrologie. Výsledky výzkumů z této oblasti jsou žádané jak v oblasti aplikované hydrologie, tak pro potřeby hydrologické předpovědi.

Tato práce porovnává odtokové poměry dvojice malých povodí situovaných v regionu šumavského podhůří. Jedno z vybraných povodí reprezentuje lesní krajinu doplněnou o přirozené louky, druhé povodí tvoří dříve intenzivně využívaná podpovrchově odvodněná půda, dnes tvořená především obhospodařovanými loukami.

Kromě shrnutí poznatků z naší i zahraniční literatury a detailního popisu výzkumných povodí je hlavní doménou této práce analýza srážkových a odtokových poměrů v zájmové oblasti za období (květen 2006 – říjen 2008). Těžiště pozornosti se soustředilo především na období letního půlroku (květen – říjen), kdy byla kromě dat o průtocích k dispozici také srážkoměrná data v desetiminutovém kroku.

Práce odhalila rozdíly v hydrologické bilanci obou povodí. Velmi výrazně se chování obou povodí liší v období zimního půlroku a v období sucha. Dále byla studována variabilita odtoku v rámci měsíčních, denních i hodinových dat. V rozkolísanosti odtokového režimu obou povodí byly nalezeny výrazné rozdíly. Pro posouzení variability průměrných hodinových průtoků byla použita dosud nepříliš známá metoda pulzací hydrogramu. Metoda odhalila překvapivě velké rozdíly v chování obou povodí zvláště pro nízké a nižší střední vodní stavy.

Velkou pozornost věnuje práce detailní analýze hyetogramů a hydrogramů více než dvaceti vybraných srážko-odtokových epizod. V práci uvedená podoba této metody nebyla zřejmě dosud publikována. Analýza přinesla cenné informace o chování obou povodí v návaznosti na srážkové vstupy. Vybrané charakteristiky datových záznamů byly podrobeny korelační analýze, která pomohla odhalit některé rozdíly v citlivosti obou hydrologických systémů na hlavní příčinné proměnné.

Nalezené rozdíly v chování obou hydrologických systémů se zdají být prokazatelné s vysokou mírou pravděpodobnosti. Většinu získaných výsledků potvrzuje také literatura. Za hlavní příčinu odlišností hydrologického režimu obou povodí lze považovat rozdílné hydropedologické a vegetační poměry a také různou míru umělého odvodnění, tedy faktory do značné míry podmíněné hospodářským využitím krajiny.

Výsledky publikované v této práci poskytují velké množství informací, které mohou být využity např. k numerickému modelování odtokového procesu obou zájmových povodí v podmínkách malých a středních odtokových epizod. Domnívám se tedy, že práce svůj cíl splnila.

11. LITERATURA

11.1 Články

ARCHER, D. R. (2007): The use of flow variability analysis to assess the impact of land use change on the paired catchments, mid-Wales. *Journal of Hydrology*, 347, s. 487-496.

BALATKA, B., CZUDEK, T., DEMEK, J., IVAN, A., KOUSAL, J., LOUČKOVÁ, J., SLÁDEK, J., STEHLÍK, D., ŠTELCL, O. (1972): Geomorfologické členění ČSR. In: Czudek, T. (Ed.): Geomorfologické členění ČSR. Geomorphological division of the Czech socialist republic. *Studia Geographica* 23, Československá akademie věd, Geografický ústav Brno, Brno, s. 5-123.

BÍBA, M., CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M., JIŘÍK, J. (2001): Les a voda- 45 let trvání vodohospodářského výzkumu v Beskydech. *Zprávy lesnického výzkumu*, svazek 46, č. 4, s. 231-236.

BIČÍK, I. (2003): Vývoj struktury ploch v povodí Otavy. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. *Sborník výstupů z dílčích úkolů grantu GAČR, PřF UK, Praha*, s. 113 – 121.

BLAŽKOVÁ, Š. (1991): Zhodnocení světových zkušeností s vlivem odlesnění na povodňový odtok z deště. *Journal of hydrology and hydromechanics*, r. 39, č. 1, s. 69-94.

BOSH, J., M., HEWLETT, J., D. (1982): A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evaporation. *Journal of Hydrology*, 55, s. 3-23.

ČERMÁK, M. (1954): Odtokové poměry malého povodí. *Vodní hospodářství*, č. 1, s. 9-12, č. 2, s. 41-44.

ČERNOHOUS, V. (2006): Vliv hydromelioračního zásahu na odtok vody z lesního povodí. In: "Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí" : Opočno 5.-6.9.2006 / editors Antonín Jurásek, Jiří Novák, Marian Slodičák. - Opočno : Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště-Strnady, Research Station at Opočno, 560 s.

DOLEŽAL F., SOUKUP M., KULHAVÝ Z. (2003): Bilanční odhady příspěvku odvodňovacích soustav k průběhu povodní. II. Aplikace. *Soil and Water* 3/2003, vědecké práce VÚMOP Praha, s.93-108

DOLEŽAL, F., ČMELÍK, M., KULHAVÝ, Z., KVÍTEK, T., PILNÁ, E., SOUKUP, M., TIPPL, M. (2001): Úvod. Základní charakteristika pokusných povodí. In: Doležal, F. (Ed): *Pokusná zemědělsko-lesní povodí VÚMOP ve středočeském krystaliniku*. Sborník z workshopu Nové Hrady, 16. října 2001. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, s. 5-12.

ENGLER, A.: (1919): Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. d. Schw. Centralanst. f. d. Forstl. Versuchsw., Bd. XII, Zürich, b.12, s. 1-626.

HLAVATÁ, H., HOLKO, L., KOSTKA, Z., NOVÁK, J. (2008): Analýza zrážkovo – odtokových vztahov v malých povodiach Vysokých Tatier. In: Proc. Int. Conf. Hydrologie malého povodí, (M. Šír, M. Tesař, L. Lichner – eds.), ÚA AV ČR v.v.i., Praha, s. 99 –106.

HORNBECK, J. W. (1973): Storm flow from hardwood-forested and cleared watersheds in New Hampshire. Water Resources Research, 9, s. 346-354.

CHENG, J. D., BLACK, T. A., DE VRIES, J., WILLINGTON, R. P., GOODELL, B., C. (1975), The evaluation of initial changes in peak streamflow following jogging of a watershed on the west coast of Canada, Int. Ass. Sci. Hydrol. Publ., 117, s. 475-486.

IROUMÉ, A., HUBER, A., SCHULZ, K. (2004): Summer flows in experimental catchments with different forest covers, Chile, Journal of Hydrology, Vol. 300, I. 1 – 4, s. 300-313.

JAŘABÁČ, M., CHLEBEK, A. (1990): Nové poznatky z výzkumu vodní komponenty lesních ekosystémů. In: Sborník přednášek III. Československých hydrologických dnů České Budějovice 1.-3. října 1990. ČVTS, České Budějovice, s. 76-80.

KAŠPÁREK, L., URBAN, J., BUBENÍČKOVÁ, L., SKOPEK, V. (1990): Současný stav poznatků o změnách odtokových poměrů vlivem imisní devastace lesů. In: Přínos výzkumu k rozvoji vodního hospodářství. Praha, s. 120-127.

KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005): Změny ve vývoji odtoku ve vybraných povodích horské a podhorské části Šumavy. Sborník VI. Česko-slovenské konference Hydrologické dni 2005. Bratislava, CD-ROM, s. 370-388.

KREŠL, J. (1959): Vliv lesnatosti na odtok. Ústav vědeckotechnických informací, Ministerstvo Zemědělství, lesnictví a vodního hospodářství, Praha, s. 7-16.

KŘEČEK, J., ZELENÝ, V., KEMEL, M. (1979): Vliv lesní těžby na velikost odtoku vody z povodí. Vodohospodářský časopis, 27, Veda, č.2, Bratislava, s. 155-169.

KŘÍŽ, V. (1978): Hydrologická analogie a její využití ke kvantifikaci změn hydrologického režimu řek způsobených činnostmi člověka. In: Sborník Československé společnosti zeměpisné, č. 1, sv. 83, s. 33-39.

BIČÍK, I., LANGHAMMER, J., ŠTYCH, P., KUPKOVÁ, L. (2008): Dlouhodobé změny využití území Česka jako faktor ovlivňující povodňové riziko. In: Langhammer, J. (Ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Závěrečná zpráva projektu VaV SM/2/57/05, PřF UK, Praha, s. 19-40.

McCULLOCH, J. S. G., ROBINSON, M. (1993): History of forest hydrology. Journal of hydrology, 150, s. 189-216.

ROTHACHER, J. (1973): Does Harvest in west slope Douglas – fir increase peak flow in small forest streams? USDA forest service, Pacific northwest forest & range experimental station, research paper, PNW – 163, 13.

SOUKUP, M., DOLEŽAL, F., KULHAVÝ, Z., MAXOVÁ, J. (2003): Funkce odvodňovacích systémů v době extrémních srážek. In: Mezinárodní konference Protipovodňová prevence a krajinné plánování. Pardubice: ČSKI, ČSSI, ČKAIT, ZVHS, MŽP ČR, MMR ČR, MZe ČR, Univerzita Pardubice, 18. - 19. 3. 2003, s. 128-135.

SOUKUP, M., KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F. (1999): Funkce odvodnění na zemědělských půdách během extrémních průtoků. (Function of Drainage on Agricultural Lands During Extreme Flows.) Příspěvek konference. New Approaches in Irrigation, Drainage and Flood Control Management. Bratislava : 12.-14.V.1999, Slovenská republika, s. 26-33.

ŠÍR, M., TESAŘ, M., LICHNER, L., SYROVÁTKA, O. (2004): Vegetační porost krajiny a vodní hospodářství. Vodní hospodářství, 54, č.8, s. 234-238.

ŠVIHLA, V. (1992): Monografie-Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Praha, VÚMOP Praha, 156 s.

ŠVIHLA, V., ČERNOHOUS, V., KULHAVÝ, Z., ŠACH, F. (2007): Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém povodí. I. Hydrologická analýza sestupné větve hydrografu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, sv. 52, č. 4, s. 374-378.

11.2 Monografie, sborníky

ARCEMENT, G., J., SCHNEIDER, V., R. (rok neuveden): Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. USGS, Metric Version, paper 2339, 67 s., dostupné na [<http://www.fhwa.dot.gov/BRIDGE/wsp2339.pdf>], staženo 12. 9. 2007.

Atlas podnebí Česka (2007), Tolasz, R. et. al. (2007): ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 255 s.

DEMEK, J., et. al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno, Academia, 584 s.

DUB, O., NĚMEC, J. (1969): Hydrologie. SNTL, Praha, 378 s.

FOTTOVÁ, D. (1992): Výsledky sledování malých povodí v rámci systému GEOMON. Úkol 5526 GEOMON, Dílčí zpráva, Český geologický ústav, Praha, 61 s. + přílohy.

HÄUFLER, V., KORČÁK, J., KRÁL, V. (1960): Zeměpis Československa, nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 667 s.

HINTNAUS, I. (2008): Změny ve vývoji krajiny v pramenné oblasti Blanice. Bakalářská práce. PřF UK, Praha, 63 s.

Hydrologická ročenka České republiky 2007. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 2008, 193 s. + CD.

JANEČEK, M. et. al. (1992): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodiky FMZVŽ, ÚVTIZ, 110 s.

JANEČEK, M. et. al. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 201 s.

KAŇOK, J. (1997): Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kozle. Spisy prací Přírodovědecké fakulty ostravské univerzity, Ostrava, sv. č. 103, 188 s.

MACKŮ, J.: (2008): In: Projekt NAZV QH 82096 Metodika - Syntetická mapa zranitelnosti podzemních vod, Lesní půdy, VÚMOP Praha-Zbraslav, 29 s.

MALÝ, A. (2006): Problematika hodnocení srážkoodtokových poměrů v experimentálních a reprezentativních povodích. Bakalářská práce, KFGG PřF UK, Kladno, 76 s. + přílohy.

MAŠÁT, K., VAŇKOVÁ, L. (1999): Charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) v České republice. In: Pozemkové úpravy se zaměřením na bonitaci a pedologii, Vydavatelství a nakladatelství MV ČR VÚMOP, Praha, příloha, 2. upravené vydání, 69 s.

NETOPIL, R. : (1981): Fyzická geografie. Hydrologie - Limnologie - Oceánografie. Praha, SPN, 272 s.

POLCAR (2006): Doporučené postupy při práci s měrnými křivkami v prostředí programu WinZPV. ČHMÚ, České Budějovice, 66 s.

QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Studia geographica 16, GGÚ ČSAV, Brno, 80 s.

VÁLEK, Z. (1962): Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kychové a Zděchovky. Práce a studie, sešit 106, Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha, 115 s.

11.3 Mapové a ostatní elektronické zdroje

AOPK (2007): Půdní mapa ČR, 1: 50 000.

CENIA (2005): Mapový portál veřejné správy České Republiky. MV ČR, MŽP ČR, Dostupné na [<http://geoportal.cenia.cz>], staženo dne 23. 5. 2006.

ČHMÚ (2008): srážkoměrná data ze stanice ČHMÚ Zbytiny.

ČÚZK (2005a): Digitální mapová databáze ZABAGED, 1:10 000, 2005, ČÚZK Praha.

ČÚZK (2005b): Ortofotосnímky, Volary 5-1 až 5-4, 6-1 až 6-4 a 7-1 až 7-4, 2005, ČÚZK Praha

FIEDLER (2008): Informace o registraci a dálkovém přenosu dat ze stanic Fiedler. Dostupné na [www.fiedler-magr.cz/], staženo dne 4. 11. 2008.

ČGÚ (2005): Geologická mapa ČR, 1: 50 000.

ÚHÚL (2008): Oblastní plány rozvoje lesů. Mapa lesních typů, Dostupné na [<http://geoportal2.uhul.cz/>], staženo 12. 12. 2008.

ZVHS Prachatice (rok neuveden), plán drenážní sítě v okolí obce Zbytiny.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha experimentálních povodí

Obrázek 2: Hypsografické poměry výzkumných povodí

Obrázek 3: Hydrografická síť Zbytinského potoka

Obrázek 4: Hydrografická síť Tetřívčího potoka

Obrázek 5: Geologické poměry Zbytinského potoka

Obrázek 6: Geologické poměry Tetřívčího potoka

Obrázek 7: Sklonitostní poměry, Zbytinský potok

Obrázek 8: Sklonitostní poměry, Tetřívčí potok

Obrázek 9: Expozice svahů ve zkoumaných povodí

Obrázek 10: Expozice svahů, Zbytinský potok

Obrázek 11: Expozice svahů, Tetřívčí potok

Obrázek 12: Půdní poměry Zbytinského potoka

Obrázek 13: Půdní poměry Tetřívčího potoka

Obrázek 14: Hydrologické skupiny půd v povodí Zbytinského potoka

Obrázek 15: Hydrologické skupiny půd v povodí Tetřívčího potoka

Obrázek 16: Vegetační poměry v povodí Zbytinského potoka

Obrázek 17: Vegetační poměry v povodí Tetřívčího potoka

Obrázek 18: Průměrné měsíční teploty ve stanici Zbytiny, (listopad 2006 – říjen 2008)

Obrázek 19: Podpovrchová drenážní síť v povodí Zbytinského potoka

Obrázek 20: Umístění měrných stanic

Obrázek 21: Denní srážkové úhrny ve stanicích SPA, ZBY a KOR, (duben – říjen 2008)

Obrázek 22: Roční srážkové úhrny ve stanici SPA (1962 – 2008)

Obrázek 24: Měsíční úhrny srážek ve stanici Spálenec (květen 2006-říjen 2008)

Obrázek 25: Pravděpodobnost překročení velikosti denních srážkových úhrnů pro vybraná období a stanice, (květen 2006 – říjen 2008)

Obrázek 26: Vztah mezi trváním srážky a výškou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008

Obrázek 27: Vztah mezi trváním srážky a průměrnou intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008

Obrázek 28: Vztah mezi výškou srážky a průměrnou intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008

Obrázek 29: Vztah mezi průměrnou intenzitou srážky a maximální intenzitou srážky, Zbytiny, květen 2006 – říjen 2008

Obrázek 30: Situace měrného profilu Zbytinský potok

Obrázek 31: Situace měrného profilu Tetřívčí potok

Obrázek 32: Hladinoměrný záznam pořízený ultrazvukovou sondou a tlakovým čidlem

Obrázek 33: Měrná křivka průtoků, Zbytinský potok

Obrázek 34: Měrná křivka průtoků, Tetřívčí potok

Obrázek 35: Měrná křivka odvozená extrapolací střední profilové rychlosti, Zbytinský potok

Obrázek 36: Měrná křivka odvozená extrapolací střední profilové rychlosti, Tetřívčí potok

Obrázek 37: Měsíční specifické průtoky

Obrázek 38: Průměrný chod průměrných měsíčních specifických průtoků (listopad 2007 – říjen 2008)

Obrázek 39: Průměrné denní specifické průtoky

Obrázek 40: m-denní specifický průtok výzkumných povodí

Obrázek 41: Metoda zhodnocení četnosti výskytu průtoků nad stanovenou mez

Obrázek 42: Počet odtokových epizod o dané velikosti průtoků

Obrázek 43: Celková doba trvání odtokových epizod o dané velikosti průtoků

Obrázek 44: Průměrná doba trvání odtokových epizod o dané velikosti průtoků

Obrázek 45: Základní analyzované fáze hyetogramu a hydrogramu

Obrázek 46: Odtokové poměry výzkumných povodí při výskytu několika srážkových epizod

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Základní geometrické charakteristiky výzkumných povodí

Tabulka 2: Relativní zastoupení ploch o daném sklonu

Tabulka 3: Relativní zastoupení ploch o dané expozici

Tabulka 4: Plošné zastoupení vegetačních tříd

Tabulka 5: Zastoupení ploch u o dané hodnotě CN v povodí Zbytinského potoka

Tabulka 6: Zastoupení ploch u o dané hodnotě CN v povodí Tetřívčího potoka

Tabulka 7: Chybějící údaje o srážkách

Tabulka 8: Hydrologické roky s nejvyššími srážkovými úhrny

Tabulka 9: Roky s nejnižšími srážkovými úhrny

Tabulka 10: Statistické charakteristiky měsíčních, sezónních a ročních srážkových úhrnů, SPA (1961 – 2008)

Tabulka 11: Měsíce s nejvyššími srážkovými úhrny

Tabulka 12: Měsíce s nejnižšími srážkovými úhrny

Tabulka 13: Četnost zastoupení srážkových úhrnů dané velikosti v rámci jednotlivých měsíců

Tabulka 14: Nejvyšší denní srážkové úhrny, stanice SPA (1. 6. 1984 -31. 12. 2008)

Tabulka 15: Základní hydrologické charakteristiky za vybraná období (květen 2006 – říjen 2008)

Tabulka 16: Průměrné měsíční průtoky a specifické průtoky

Tabulka 17: Nejvyšší průměrné denní průtoky

Tabulka 18: Vybrané hodnoty m-denních vod

Tabulka 19: Variabilita hydrogramu, Zbytinský potok, květen 2006-říjen 2008

Tabulka 20: Variabilita hydrogramu, Tetřívčí potok, květen 2006-říjen 2008

Tabulka 21: Srovnání povodí podle počtu situací s vyšší hodnotou sledovaného parametru (závisle proměnné).

Tabulka 22: Korelační matice vybraných charakteristik hodnocených srážko-odtokových epizod, Zbytinský potok

Tabulka 23: Korelační matice vybraných charakteristik hodnocených srážko-odtokových epizod, Tetřívčí potok

Seznam příloh:

Příloha 1: Vysvětlivky k tabulce 1

Příloha 2: Změny vegetačního krytu výzkumných povodí v letech 1947 - 2005

Příloha 3: Klimatické poměry v oblasti výzkumných povodí

Příloha 4: Katalog hodnot CN křivek

Příloha 5: Vztah mezi půdním typem, typem lesních půd a hydrologickou skupinou půdy

Příloha 6: Schéma přenosu naměřených dat

Příloha 7: Srážkoměr ČHMÚ ve Spálenci

Příloha 8: Srážkoměr Koryto

Příloha 9: Srážkové úhrny v letním půlroce (V-X), stanice SPA (1962 – 2008)

Příloha 10: Četnost zastoupení dnů o daném srážkovém úhrnu ve vybraných obdobích, stanice SPA (1. 6. 1984 – 31. 12. 2008)

Příloha 11: Měsíční úhrny srážek ve stanicích SPA, ZBY, KOR, (květen 2006- říjen 2008)

- Příloha 12:** Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny v daném měsíci, květen - říjen 2006
- Příloha 13:** Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny, hydrologický rok 2007
- Příloha 14:** Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny, hydrologický rok 2008
- Příloha 15:** Analyzované srážkové epizody (květen 2006 – říjen 2008)
- Příloha 16:** Četnost srážkových epizod podle vybraných ukazatelů v rámci období (květen až říjen)
- Příloha 17:** Základní statistické charakteristiky srážkových epizod
- Příloha 18:** Příčný profil koryta Zbytinského potoka v místě instalovaného hladinoměru
- Příloha 19:** Příčný profil koryta Tetřivčího potoka v místě instalovaného hladinoměru
- Příloha 20:** Vybrané vztahy v korytě Zbytinského potoka v místě instalovaného hladinoměru
- Příloha 21:** Vybrané vztahy v korytě Tetřivčího potoka v místě instalovaného hladinoměru
- Příloha 22:** Vybrané statistické charakteristiky průměrných denních průtoků
- Příloha 23:** m-denní specifický průtok Tetřivčího potoka v hydrologických letech 2007 a 2008
- Příloha 24:** m-denní specifický průtok Tetřivčího potoka v období letních půlroků 2006 až 2008
- Příloha 25:** m-denní specifický průtok Zbytinského potoka v hydrologických letech 2007 a 2008
- Příloha 26:** m-denní specifický průtok Zbytinského potoka v období letních půlroků 2006 až 2008
- Příloha 27:** Vlastnosti vybraných srážko-odtokových epizod, Zbytinský potok
- Příloha 28:** Vlastnosti vybraných srážko-odtokových epizod, Tetřivčí potok
- Příloha 29:** Srovnání povodí podle počtu situací s vyšší hodnotou sledovaného parametru (závisle proměnné).
- Příloha 30:** Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné $q_{MAX}-q_0$, Zbytinský potok
- Příloha 31:** Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné $q_{MAX}-q_0$, Tetřivčí potok
- Příloha 32:** Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné T_{LAG} , Zbytinský potok

Příloha 33: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích
vzhledem k proměnné T_{LAG} , Tetřívčí potok

Příloha 34: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích
vzhledem k proměnné W , Zbytinský potok

Příloha 35: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích
vzhledem k proměnné W , Tetřívčí potok

Příloha 1: Vysvětlivky k tabulce 1

Gravelliův koeficient (K_G)

$$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{P \cdot \pi}}$$

kde L_R je délka rozvodnice (km), P je plocha povodí (km^2)

Koeficient protáhlosti povodí (R_E)

$$R_E = \frac{2\sqrt{P/\pi}}{L}$$

kde L je vzdálenost dvou nejodlehlejších míst v povodí (km)

Charakteristika povodí (α)

$$\alpha = \frac{P}{L^2}$$

Koeficient souměrnosti povodí (K_S)

$$K_S = \frac{|P_P - P_L|}{P}$$

kde P_P je plocha povodí vpravo od údolnice, P_L plocha povodí vlevo od údolnice (km^2)

Koeficient reliéfu (R_h)

$$R_h = \frac{\Delta h}{L}$$

kde Δh je převýšení povodí

Sklon povodí, podle Herbst (I)

$$I = \frac{\Delta h \cdot \Sigma l}{P}$$

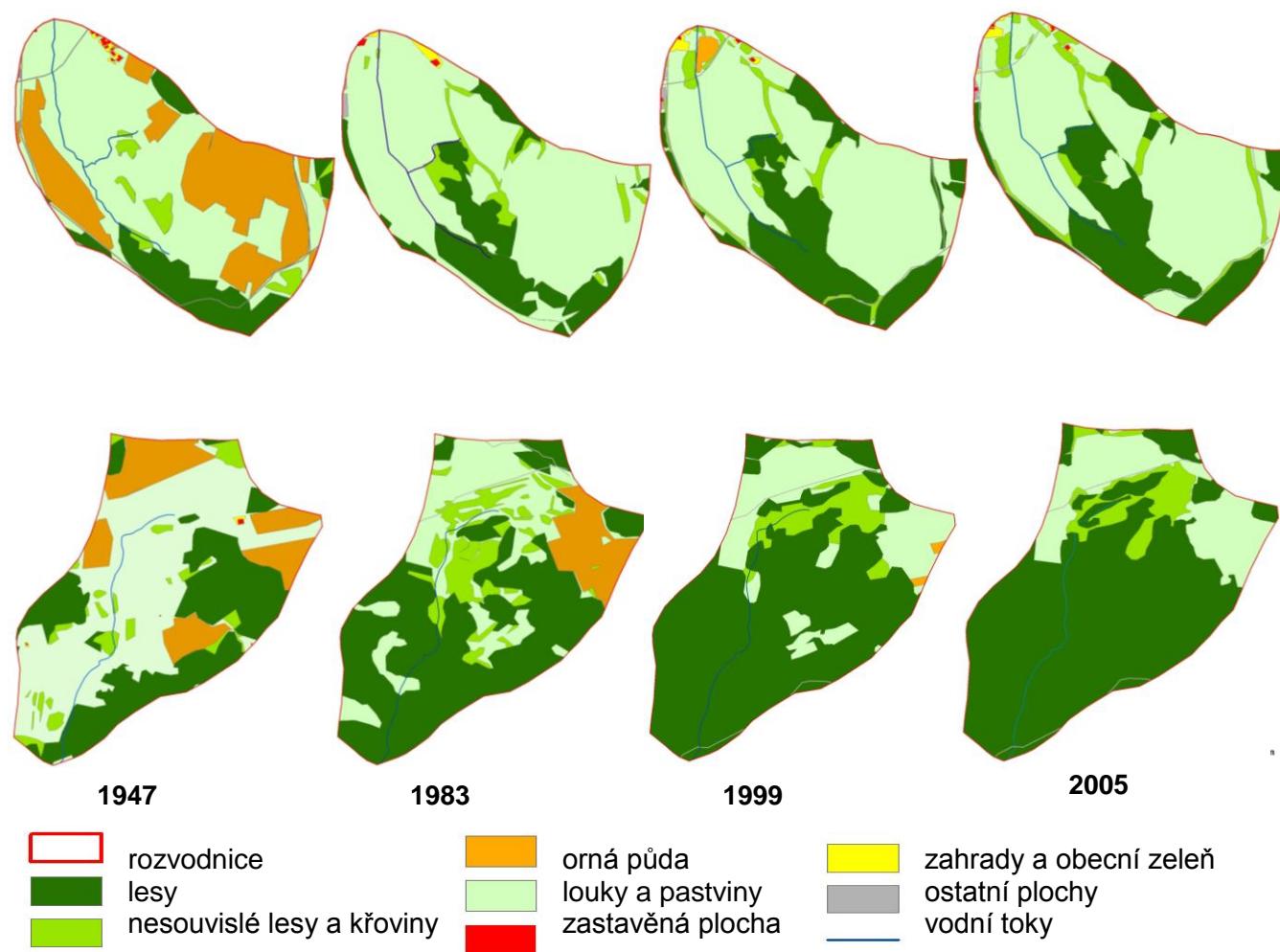
kde Δh je výškový interval vrstevnic, Σl je součet délek všech vrstevnic v povodí

Stupeň vývoje toku

$$\frac{d}{l}$$

kde d je přímková vzdálenost od pramene k ústí, l je skutečná délka toku

Příloha 2: Změny vegetačního krytu výzkumných povodí v letech 1947 - 2005



Zdroj: HINTNAUS (2008)

Příloha 3: Klimatické poměry v oblasti výzkumných povodí

průměrná roční teplota vzduchu	<5 ; 6 >	°C
průměrná měsíční teplota vzduchu (leden)	<-4 ; -3>	°C
průměrná měsíční teplota vzduchu (červenec)	<14 ; 15>	°C
průměrná teplota vzduchu v letním půlroce (IV - IX)	<10 ; 11>	°C
termická kontinentalita podnebí podle Gorczyńského	> 24	%
průměrný roční úhrn srážek	<700 ; 800>	mm
průměrný úhrn srážek v letním půlroce	<400 ; 450>	mm
průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 1,0$ mm	<110 ; 120>	
průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 10,0$ mm	<20 ; 24>	
průměrná roční maxima 1 denních úhrnů srážek	<40 ; 45>	mm
průměrná roční maxima 2 denních úhrnů srážek	<45 ; 50>	mm
průměrná roční maxima 3 denních úhrnů srážek	<60 ; 70>	mm
průměrný sezónní počet dní se srážkami 30 mm a více za jednu hodinu (V-IX)	<0,1 ; 0,2>	
průměrný sezónní počet dní se srážkami 30 mm a více za 24 hodin (V-IX)	<1,0 ; 1,5>	
hodnota Langova dešťového faktoru	> 100	
průměrný sezónní počet dní se sněžením	<90 ; 100>	
průměrný sezónní počet dní se sněhovou pokrývkou	<50 ; 75>	
průměr sezónních vodní hodnoty sněhové pokrývky	<80 ; 100>	mm
průměr sezónních maxim výšky sněhové pokrývky	<75 ; 100>	mm
průměrné datum první sněhové pokrývky	<10. 11. ; 20. 11.>	
průměrné datum poslední sněhové pokrývky	<10. 4. ; 20. 4.>	
průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	<80 ; 85>	%
průměrný úhrn výparu z vodní hladiny v letním půlroce (IV - IX)	<550 ; 600>	mm
průměrný roční úhrn výparu z vodní hladiny	<450 ; 500>	mm
průměrná roční vláhová bilance	> 200	mm
průměrný roční úhrn globálního záření	<3700 ; 3800>	MJ*m-2
průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu	<1600 ; 1700>	hod
průměrná roční oblačnost	<60 ; 65>	%
průměrný roční tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře	> 1017,5	hPa
průměrný měsíční tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře (leden)	> 1020,5	hPa
průměrný měsíční tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře (červenec)	> 1016,5	hPa
průměrná roční rychlost větru	<3 ; 4 >	m*s-1
klimatická oblast podle Köppenovi klasifikace	Dfb	

Zdroj: Atlas podnebí Česka (2007)

Příloha 4: Katalog hodnot CN křivek

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek - CN pro hydrologické skupiny půd			
			A	B	C	D
Úhor	čerstvě zrypřený	-	77	86	91	94
	Pz	Šp	76	85	90	93
	Pz	Db	74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Db	64	74	81	85
	Vř + Pr	Šp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
	Vř + Pr + Pz	Db	61	70	77	80
Úzkořádkové plodiny (obilniny)	Př	Šp	65	76	84	88
	Př	Db	63	75	83	87
	Př + Pz	Šp	64	75	83	86
	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Šp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	74	78	81
	Vř + Pr + Pz	Db	58	69	77	81
Víceleté píce, luštěniny	Př	Šp	66	77	85	89
	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
	Vř + Pz	Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50 %	-	68	79	86	89
	50 - 70 %	-	49	69	79	84
	> 75 %	-	39	61	74	80
Louky	sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50 %	-	48	67	77	83
	50 - 70 %	-	35	56	70	77
	> 75 %	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným meziradím		Šp	57	73	82	86
		Stř	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Šp	45	66	77	83
		Stř	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	dlážděné, živičné		83	89	92	93
	makadamové, štěrkové		76	85	89	91
	nezpevněné, hliněné		72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Pz - posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok

Př - přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnici

Vř - vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic - konturově

Pr - pásové pěstované plodiny a příčně průlehované pozemky

Šp - špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok

Db - dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok

Stř - střední hydrologické podmínky

Zdroj: JANEČEK et. al. (2002)

Příloha 5: Vztah mezi půdním typem, typem lesních půd a hydrologickou skupinou půdy

zemědělská půda	
půdní typ, subtyp	HSP
glej histický	C
kambizem mezobazická	B
kambizem mezobazická oglejená	C
kryptopodzol modální	C
kryptopodzol rankerový	C

lesní půda	
lesní typ	HSP
5J3, 7G1, 7G3	D
6O1, 6V4, 6V6, 7P2	C
6H1, 6I4, 6K1, 6K3, 6K6, 6N3, 6N4, 6S1	B

Zdroj: MAŠÁT a VAŇKOVÁ (1999), MACKŮ (2008)

Příloha 6: Schéma přenosu naměřených dat



Zdroj: FIEDLER (2008)

Příloha 7: Srážkoměr ČHMÚ ve Spálenci



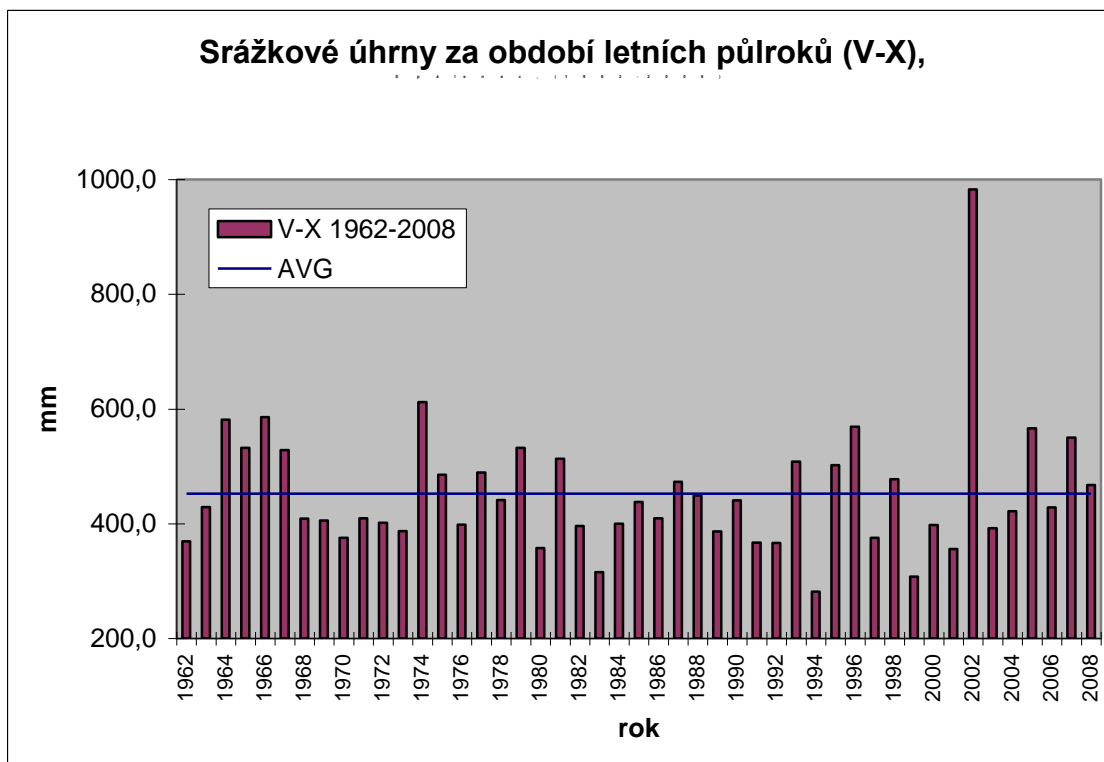
Foto: Z. Kliment

Příloha 8: Srážkoměr Koryto



Foto: Z. Kliment

Příloha 9: Srážkové úhrny v letním půlroce (V-X), stanice SPA (1962 – 2008)



Pozn.; AVG značí hodnotu průměrného ročního srážkového úhrnu, ČHMÚ (2008)

Příloha 10: Četnost zastoupení dnů o daném srážkovém úhrnu ve vybraných obdobích, stanice SPA (1. 6. 1984 – 31. 12. 2008)

měsíc	H>=10mm	H>=20mm	H>=50mm
1	22	6	
2	23	6	
3	41	7	
4	30	2	
5	5	16	1
6	69	25	1
7	72	22	1
8	70	23	5
9	42	12	1
10	40	14	
11	32	3	
12	29	8	
XI-IV	177	32	0
V-X	298	112	9
XI-X	475	144	9

Pozn.: řádek XI-IV reprezentuje četnosti vztažené ke srážkovým úhrnům v období zimního půlroku, V-X obdobně reprezentuje období letního půlroku, XI-X reprezentuje celé sledované období (1961-2008), sloupec H>=10mm znamená dny s úhrny srážek ≥ 10 mm, atd., ČHMÚ (2008)

Příloha 11: Měsíční úhrny srážek ve stanicích SPA, ZBY, KOR, (květen 2006- říjen 2008)

rok	měsíc	SPA	ZBY	KOR
2006	5	53,8	78,4	x
	6	133,8	142	x
	7	98,9	91,6	x
	8	122,4	x	x
	9	14,4	18,2	x
	10	5,2	13,3	x
	V-X	428,5	*465,9	
2007	11	36,6	x	x
	12	16,2	x	x
	1	95,2	x	x
	2	37,4	x	x
	3	74,6	x	x
	4	2,7	x	x
	5	87,7	94,6	x
	6	48	65,8	x
	7	94,4	90,2	x
	8	86,8	78,9	x
	9	178,1	158,9	x
	10	54,9	55,2	x
	V-X	549,9	543,6	
	XI-X	812,6		
2008	11	89,6	x	x
	12	73,5	x	x
	1	16,6	x	x
	2	47,7	x	x
	3	71,1	x	x
	4	92,4	94,1	x
	5	63,2	57,2	63,4
	6	111,2	105,6	76,7
	7	110	108,7	125,3
	8	83,9	74,9	78,6
	9	67,3	84,2	78,6
	10	31,7	33,6	33,7
	V-X	467,3	464,2	456,3
	XI-X	858,2		

Pozn.: V-X znamená sumu za květen – říjen, atd, *chybějící údaje doplněny o hodnoty ze SPA, x znamená, že srážkoměr v uvedeném období neměřil.

Příloha 12: Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny v daném měsíci, květen - říjen 2006

Hydrologický rok 2006										
měsíc	ZBY 7-7					SPA 7-7				
	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H >10 mm	Hdmax	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax
5	19	15	5	2	19,3	14	11	3	1	15,4
6	15	10	5	4	52,5	7	7	5	3	50,6
7	14	8	3	3	45,5	11	8	2	2	64,8
8	x	x	x	x	26,2	17	14	7	3	37,8
9	9	4	2	0	6,1	5	5	1	0	6,5
10	13	2	1	0	5,6	2	1	0	0	4,5
V-X	87	53	23	12		56	46	18	9	
%*	47	29	13	7		30	25	10	5	

Pozn.: ZBY 7-7 znamená že četnosti dnů daného srážkového úhrnu se týkají stanice ZBY (pro den trvající od 7hod do 7hod) atd., H>0 mm znamená denní srážkový úhrn větší než 0 mm, V-X součet četností za květen až říjen, %* znamená podíl ze všech dnů letního půlroku, X znamená, že nejsou k dispozici data, Hdmax je maximální denní srážkový úhrn.

Příloha 13: Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny, hydrologický rok 2007

Hydrologický rok 2007										
měsíc	ZBY 7-7					SPA 7-7				
	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax
11						14	9	2	0	6,9
12						6	5	1	0	7,3
1						18	12	8	3	22,0
2						11	8	3	0	9,8
3						10	7	5	4	24,9
4					3,1	3	1	0	0	1,1
5	18	14	7	3	16,3	13	13	6	2	20,0
6	19	12	5	2	20,7	9	7	3	2	16,1
7	17	13	4	2	33,9	13	13	7	4	20,0
8	20	13	5	2	16,4	14	13	5	4	22,5
9	22	14	7	3	68,1	17	14	7	3	74,0
10	19	9	2	2	x	10	9	2	2	23,0
V-X	115	75	30	14		76	69	30	17	
%*	63	41	16	8		41	38	16	9	
XI-X						138	111	49	24	
%**						38	30	13	7	

Pozn.: XI-X znamená součet četností za období hydrologického roku, %** je podíl ze všech dnů hydrologického roku, ostatní viz. vysvětlivky u přílohy 12

Příloha 14: Četnost denních srážkových úhrnů o dané velikosti a maximální denní úhrny, hydrologický rok 2008

Hydrologický rok 2008															
měsíc	ZBY 7-7					KOR 7-7					SPA 7-7				
	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax	H>0 mm	H>1 mm	H>5 mm	H>10 mm	Hdmax
11											15	9	8	3	13,2
12											13	10	4	2	30
1											9	5	0	0	3,7
2											9	6	3	1	25,5
3											15	14	5	2	15
4	21	12	6	3	22,7					33,3	15	11	6	3	22,1
5	14	9	4	3	18,2	16	9	3	3	16	11	9	3	3	20,7
6	21	13	6	2	34	20	13	5	1	20,3	16	13	5	3	30,5
7	24	19	6	3	19,1	23	19	6	3	31,9	21	19	6	3	25
8	19	10	3	3	27,3	25	9	3	3	25,4	13	9	5	3	31
9	19	7	4	2	42,5	22	7	5	1	38,5	14	7	3	1	34,5
10	25	8	2	0	7,1	23	8	2	0	7,1	10	8	2	0	6,6
V-X	122	66	25	13		129	65	24	11		85	65	24	13	
%*	66	36	14	7		70	35	13	6						
XI-X											161	120	50	24	
%**											44	33	14	7	

Pozn.: vysvětlivky viz. přílohy 12 a 13

Příloha 15: Analyzované srážkové epizody (květen 2006 – říjen 2008)

ID	Th	Hs	Ip	Imax
601	8	1,3	0,98	5,4
602	17	5,3	1,87	5,4
603	2	1,8	5,40	7,2
604	22	2,6	0,71	3,6
605	20	1,9	0,57	1,2
606	9	1	0,67	1,8
607	7	1,3	1,11	3
608	74	19,2	1,56	6
609	6	1,1	1,10	3
610	35	3,6	0,62	2,4
611	43	15	2,09	15
612	56	3,1	0,33	3
613	11	5,1	2,78	12
614	3	1,1	2,20	3,6
615	7	1,2	1,03	2,4
616	18	1,6	0,53	2,4
617	18	1,6	0,53	1,2
618	12	1,6	0,80	3,6
619	17	3,3	1,16	2,4
620	3	1,6	3,20	5,4
621	27	14,7	3,27	9,6
622	24	32	8,00	81
623	6	2,2	2,20	6,6
624	4	2,2	3,30	10,8
625	22	17,8	4,85	30,6
626	78	52,5	4,04	21,6
627	41	5,6	0,82	3
628	42	3,2	0,46	1,8
629	17	12,9	4,55	21
630	4	9,6	14,40	31,2
631	10	6,2	3,72	6
632	10	2	1,20	2,4
633	4	1,8	2,70	6,6
634	22	45,3	12,35	101,4
635	4	1,5	2,25	6,6
636	6	3,2	3,20	14,4
637	16	1,4	0,53	1,8
638	4	1,6	2,40	3,6
639	10	1,8	1,08	6
640	12	4,5	2,25	4,2
641	12	1,2	0,60	2,4
642	11	6,1	3,33	6,6
643	11	4,3	2,35	9
644	6	1,5	1,50	4,8
645	39	5	0,77	3
646	2	1	3,00	5,4
647	6	1,8	1,80	6
648	12	1,4	0,70	2,4

ID	Th	Hs	Ip	Imax
701	10	1,2	0,72	2,4
702	31	2,7	0,52	1,2
703	74	19	1,54	7,2
704	35	8,4	1,44	6
705	19	1,9	0,60	1,2
706	34	3,3	0,58	1,2
707	31	4,2	0,81	9
708	9	2,7	1,80	4,8
709	16	3,1	1,16	2,4
710	9	1,3	0,87	3
711	9	1	0,67	3
712	50	3,8	0,46	1,8
713	96	6,7	0,42	2,4
714	19	3	0,95	2,4
715	23	7,5	1,96	10,8
716	11	3,1	1,69	4,2
717	3	1,3	2,60	6
718	5	2,4	2,88	8,4
719	24	8,8	2,20	8,4
720	12	2,6	1,30	4,8
721	7	3,4	2,91	4,8
722	11	2,1	1,15	2,4
723	5	1,1	1,32	3,6
724	6	1,1	1,10	1,8
725	13	1,2	0,55	2,4
726	2	1,1	3,30	5,4
727	10	6,9	4,14	21,6
728	18	1,4	0,47	1,2
729	21	1,6	0,46	1,8
730	2	1,6	4,80	8,4
731	3	1,5	3,00	6
732	4	4,3	6,45	12,6
733	4	5,1	7,65	13,8
734	4	4,2	6,30	9
735	13	3,2	1,48	4,2
736	37	19,9	3,23	10,2
737	1	3,5	21,00	21
738	14	1,1	0,47	1,2
739	43	12,4	1,73	11,4
740	3	1,4	2,80	4,2
741	9	1	0,67	2,4
742	10	1,1	0,66	1,8
743	39	6,2	0,95	5,4
744	7	1	0,86	4,2
745	8	33,9	25,43	170,4
746	10	3,9	2,34	6,6
747	2	1,1	3,30	4,8
748	5	4,4	5,28	9,6

ID	Th	Hs	Ip	Imax
749	10	3,6	2,16	4,2
750	3	2,8	5,60	9,6
751	2	1,2	3,60	4,8
752	9	2	1,33	3,6
753	5	1,1	1,32	2,4
754	5	2,6	3,12	7,8
755	5	1,1	1,32	2,4
756	15	8,4	3,36	7,8
757	26	3,8	0,88	1,8
758	12	4,1	2,05	6,6
759	18	8,2	2,73	11,4
760	8	4,5	3,38	14,4
761	16	4,5	1,69	4,2
762	19	7,4	2,34	11,4
763	23	2,5	0,65	3,6
764	11	3,4	1,85	3,6
765	24	14,5	3,63	14,4
766	11	1,6	0,87	1,8
767	15	3,8	1,52	6
768	15	1,9	0,76	3,6
769	17	1,9	0,67	1,8
770	8	1	0,75	1,8
771	4	1,7	2,55	6
772	10	1,9	1,14	4,2
773	8	2,6	1,95	6
774	16	3,8	1,43	10,2
775	10	1,1	0,66	1,8
776	177	86,3	2,93	7,2
777	16	2,1	0,79	2,4
778	5	1,8	2,16	5,4
779	12	3,6	1,80	4,8
780	22	3,3	0,90	3
781	12	1,3	0,65	1,8
782	13	1	0,46	1,8
783	11	1,1	0,60	1,2
784	14	2,5	1,07	3
785	38	11,8	1,86	4,2
786	44	1,7	0,23	0,6
787	13	1	0,46	1,8
788	12	2,6	1,30	3,6
789	4	1,3	1,95	4,2
801	11	1,8	0,98	3,6
802	20	5,4	1,62	4,2
803	37	9,1	1,48	4,2
804	3	1,1	2,20	3,6
805	41	6,5	0,95	2,4
806	21	2,3	0,66	1,2
807	55	21,4	2,33	9

ID	Th	Hs	Ip	Imax
808	4	1,2	1,80	3,6
809	16	9,9	3,71	16,8
810	12	1,5	0,75	2,4
811	37	3	0,49	1,2
812	2	1,1	3,30	5,4
813	5	1,9	2,28	3
814	4	1,4	2,10	3,6
815	91	19,2	1,27	9
816	4	1	1,50	2,4
817	12	4	2,00	13,8
818	4	1	1,50	1,8
819	3	1	2,00	3
820	10	3,8	2,28	6
821	20	9	2,70	7,2
822	28	5,8	1,24	3
823	96	13,8	0,86	2,4
824	76	11,3	0,89	4,2
825	27	1	0,22	0,6
826	8	33,9	25,43	81
827	15	1,8	0,72	2,4
828	9	2	1,33	6,6
829	16	2,2	0,83	3
830	23	16	4,17	10,8
831	15	2,5	1,00	3
832	22	1,1	0,30	0,6
833	15	15,1	6,04	23,4
834	12	2,2	1,10	4,8
835	53	3,9	0,44	1,8
836	14	6,3	2,70	10,2
837	3	1,3	2,60	4,8
838	16	6,9	2,59	19,8
839	3	2,4	4,80	7,2
840	7	1,1	0,94	3
841	2	1,5	4,50	8,4
842	2	5,1	15,30	28,8
843	17	4,1	1,45	5,4
844	7	1,3	1,11	2,4
845	11	4,8	2,62	12,6
846	13	3,8	1,75	6
847	20	1	0,30	0,6
848	23	17,1	4,46	22,2
849	11	1,2	0,65	3
850	10	1,5	0,90	6,6
851	36	8,4	1,40	4,2
852	9	3,1	2,07	4,8
853	7	1	0,86	2,4
854	1	1,8	10,80	10,8
855	14	1,2	0,51	1,2

ID	Th	Hs	Ip	Imax
856	5	1,4	1,68	3
857	10	1,6	0,96	1,8
858	12	1,2	0,60	1,8
859	54	3,7	0,41	2,4
860	7	1,8	1,54	2,4
861	7	18,1	15,51	45
862	14	1	0,43	1,8
863	4	3,2	4,80	10,2
864	17	7,5	2,65	13,8
865	10	1,7	1,02	3
866	2	3,1	9,30	12
867	11	3,4	1,85	4,8
868	5	1,1	1,32	1,8
869	21	10,1	2,89	7,2
870	9	7,2	4,80	18
871	108	19,7	1,09	6
872	39	12,4	1,91	6,6
873	20	3,9	1,17	3,6
874	10	1,1	0,66	2,4
875	9	2,2	1,47	4,8
876	13	2,2	1,02	4,2
877	49	7	0,86	2,4
878	130	43,1	1,99	4,2
879	6	1,4	1,40	4,8
880	1	1,3	7,80	7,8
881	81	7,3	0,54	1,8
882	30	5	1,00	1,8
883	19	1,6	0,51	2,4
884	50	3,1	0,37	0,6
885	12	2,4	1,20	3
886	7	1	0,86	3
887	14	2,9	1,24	3,6
888	21	3,5	1,00	2,4

Pozn.: ID je identifikátor srážkové epizody, první číslo ID udává rok (např. 6 znamená 2006, atd.), poslední dvě cifry ID vyjadřují pořadové číslo v rámci vyhodnocovaného období a roku, Th je trvání srážky v 10 minutách, Hs je výška srážky v mm, Ip je průměrná intenzita srážky v mm/hod, Imax je maximální intenzita srážky v rámci desetiminutového úseku v mm/hod.

Příloha 16: Četnost srážkových epizod podle vybraných ukazatelů v rámci období (květen až říjen)

		2006		2007		2008		2006-2008	
		počet	%	počet	%	počet	%	počet	%
T_H	≤1	14	29,2	22	24,7	19	21,6	55	24,4
	1-2	14	29,2	28	31,5	25	28,4	67	29,8
	2-5	12	25,0	26	29,2	28	31,8	66	29,3
	5-10	6	12,5	10	11,2	10	11,4	26	11,6
	>10	2	4,2	3	3,4	6	6,8	11	4,9
H_s	≤2	23	47,9	37	41,6	36	40,9	96	42,7
	2-5	11	22,9	35	39,3	25	28,4	71	31,6
	5-10	6	12,5	10	11,2	14	15,9	30	13,3
	>10	8	16,7	7	7,9	13	14,8	28	12,4
I_p	≤1	15	31,3	32	36,0	31	35,2	78	34,7
	1-2	10	20,8	26	29,2	29	33,0	65	28,9
	2-3	10	20,8	14	15,7	13	14,8	37	16,4
	3-5	9	18,8	10	11,2	8	9,1	27	12,0
	5-10	2	4,2	5	5,6	3	3,4	10	4,4
	>10	2	4,2	2	2,2	4	4,5	8	3,6
I_{max}	≤5	22	45,8	54	60,7	57	64,8	133	59,1
	5-10	15	31,3	22	24,7	15	17,0	52	23,1
	10-50	9	18,8	12	13,5	15	17,0	36	16,0
	>10	2	4,2	1	1,1	1	1,1	4	1,8
celkem		48	100,0	89	100,0	88	100,0	225	100,0

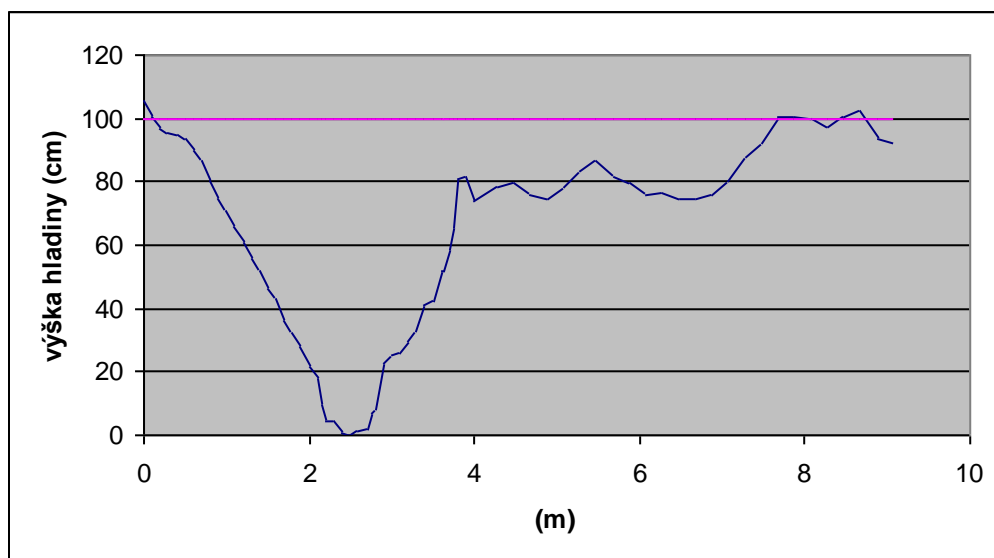
Pozn.: rok 2006 nezahrnuje období od 3.8 do 30.8, T_H je trvání srážky (hod), H_s je výška srážky (mm), I_p je prům. intenzita srážky (mm/hod), I_x je maximální intenzita srážky, vyjádřená v (mm/10 min).

Příloha 17: Základní statistické charakteristiky srážkových epizod

rok		SUMA	AVG	MED	MIN	MAX
2006	T _H	850,0	17,7	11,5	2,0	78,0
	Hs	318,6	6,6	2,2	1,0	52,5
	Ip		2,52	1,84	0,33	14,40
	Imax		10,9	5,4	1,2	101,4
2007	T _H	1549,0	17,4	11,0	1,0	177,0
	V	437,1	4,9	2,6	1,0	86,3
	Ip		2,35	1,44	0,23	25,43
	Imax		7,2	4,2	0,6	170,4
2008	T _H	1860,0	21,1	12,5	1,0	130,0
	V	481,3	5,5	2,7	1,0	43,1
	Ip		2,51	1,40	0,22	25,43
	Imax		7,0	3,6	0,6	81,0
2006-2008	T _H	4259,0	18,9	12,0	1,0	177,0
	V	1237,0	5,5	2,6	1,0	86,3
	Ip		2,45	1,47	0,22	25,43
	Imax		7,9	4,2	0,6	170,4

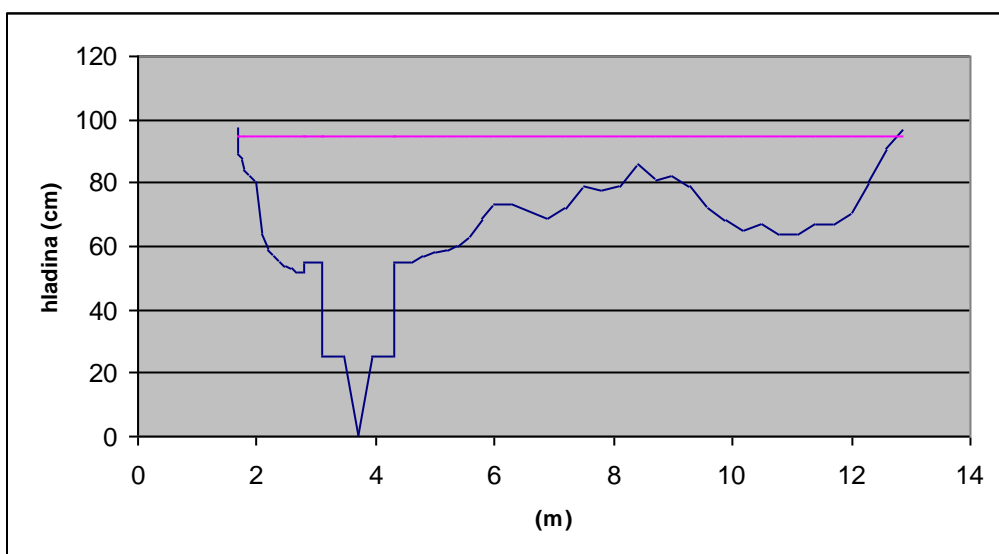
Pozn.: T_H je trvání srážky (10min), Hs je výška srážky (mm), Ip je prům. intenzita srážky (mm/hod), Imax je maximální intenzita srážky v desetiminutovém intervalu (mm/hod), AVG je aritmetický průměr datového souboru, MED je medián souboru, MIN minimum a MAX maximum datové řady.

Příloha 18: Příčný profil koryta Zbytinského potoka v místě instalovaného hladinoměru



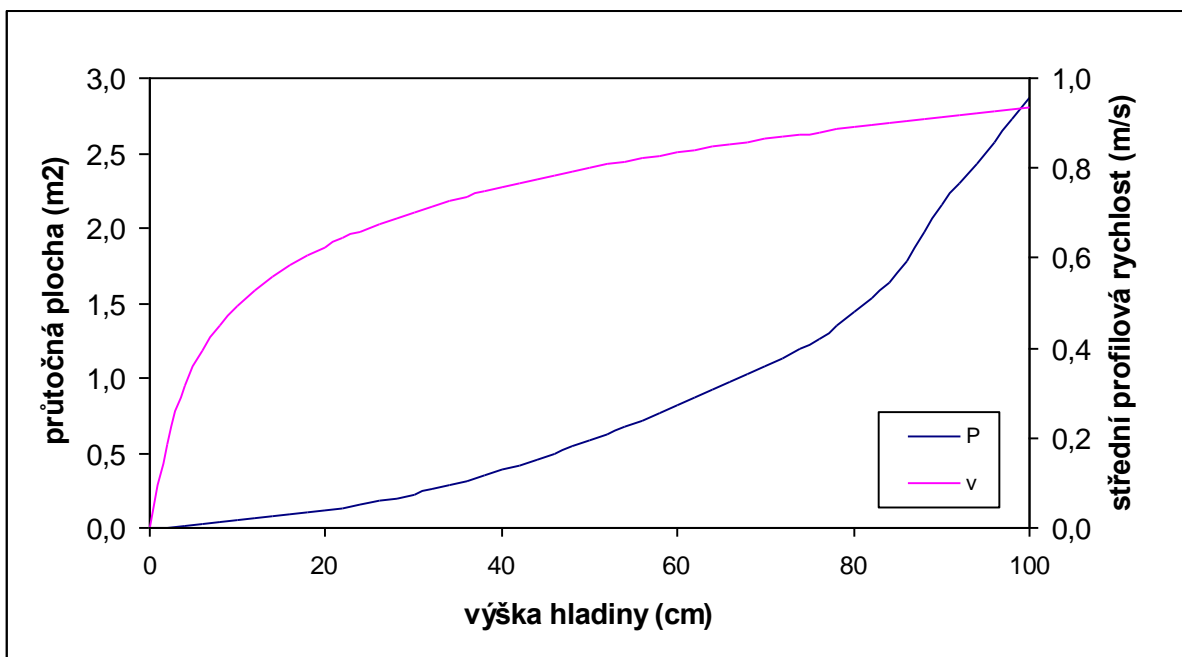
Pozn.: horní linie označuje nejvyšší mez výšky hladiny po kterou jsou známy detailní rozměry průtočné plochy.

Příloha 19: Příčný profil koryta Tetřivčího potoka v místě instalovaného hladinoměru



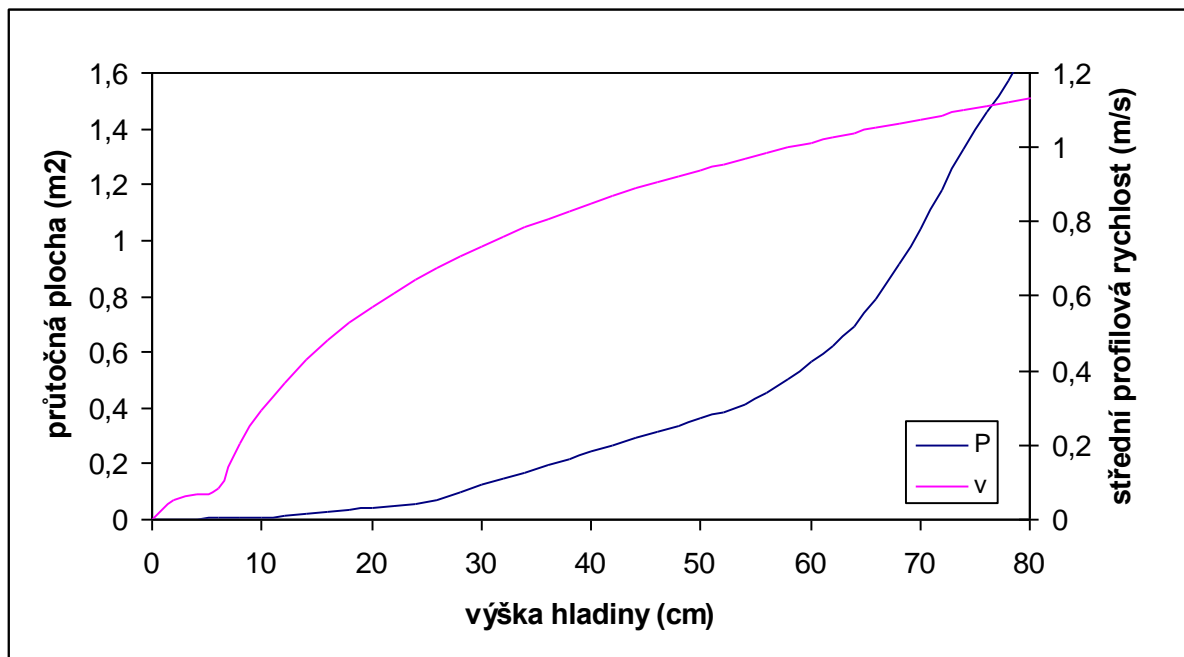
Pozn.: horní linie označuje nejvyšší mez výšky hladiny po kterou jsou známy detailní rozměry průtočné plochy.

Příloha 20: Vybrané vztahy v korytě Zbytinského potoka v místě instalovaného hladinoměru



Pozn.: P je průtočná plocha, v je střední profilová rychlost

Příloha 21: Vybrané vztahy v korytě Tetřívčího potoka v místě instalovaného hladinoměru



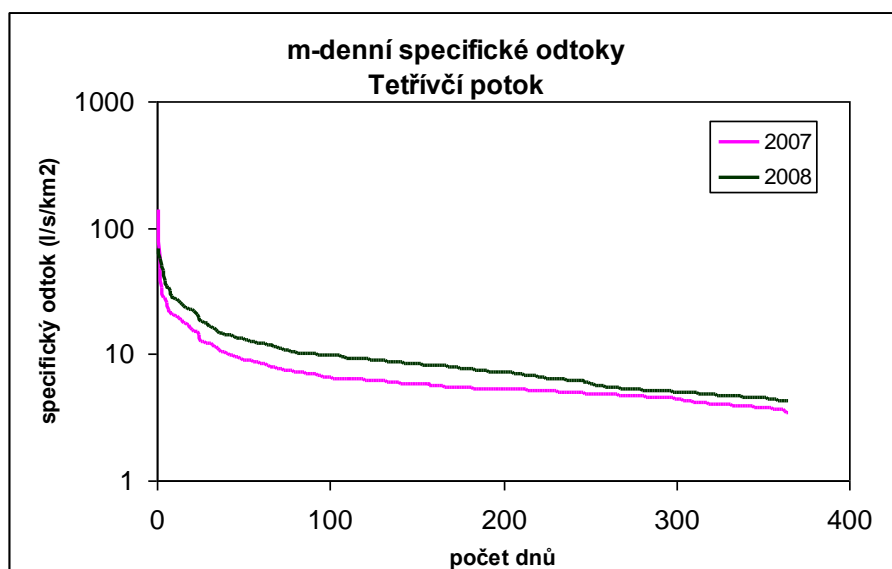
Pozn.: P je průtočná plocha, v je střední profilová rychlost

Příloha 22: Vybrané statistické charakteristiky průměrných denních průtoků

	Zbytinský potok			Tetřívčí potok		
	2007-2008	2007	2008	2007-2008	2007	2008
AVG	17,5	17,1	19,1	13,4	11,6	15,1
MED	12,1	9,7	16,8	10,0	8,7	12,1
SMOD	16,0	15,0	16,3	12,6	8,2	7,2
Cv	0,92	0,88	0,85	0,94	0,71	0,47

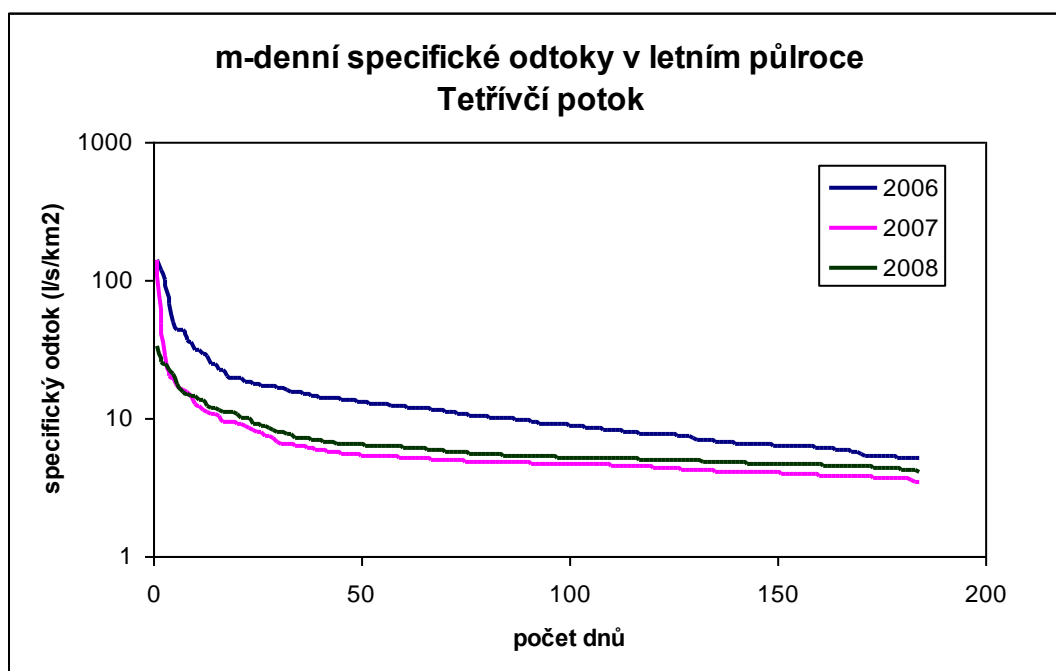
Pozn.: SMOD je směrodatná odchylka datové řady uvedeného období (l/s), Cv je koeficient variace, AVG je aritmetický průměr (l/s), MED je medián dané datové řady (l/s)

Příloha 23: m-denní specifický průtok Tetřívčího potoka v hydrologických letech 2007 a 2008



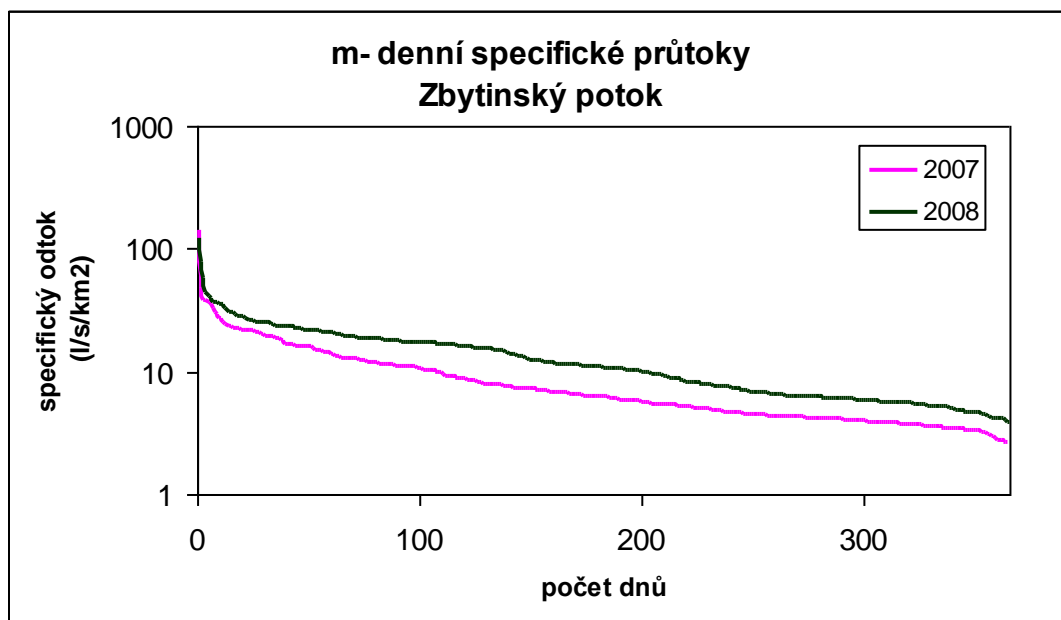
Pozn.: nejvyšší zobrazené hodnoty mají pouze přibližný charakter

Příloha 24: m-denní specifický průtok Tetřivčího potoka v období letních půlroků 2006 až 2008



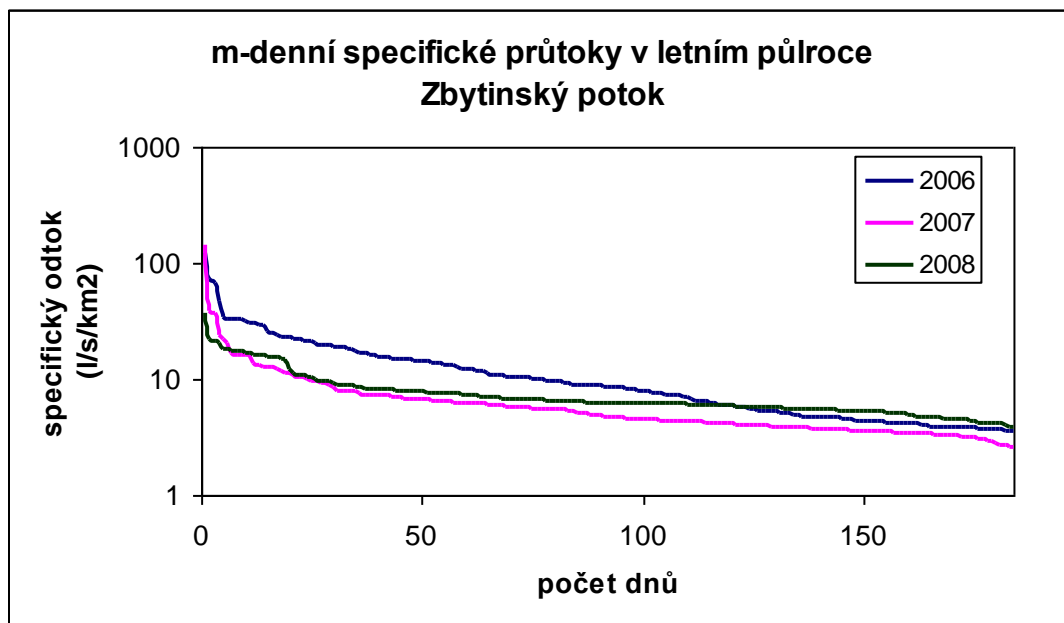
Pozn.: nejvyšší zobrazené hodnoty mají pouze přibližný charakter

Příloha 25: m-denní specifický průtok Zbytinského potoka v hydrologických letech 2007 a 2008



Pozn.: nejvyšší zobrazené hodnoty mají pouze přibližný charakter

Příloha 26: m-denní specifický průtok Zbytinského potoka v období letních půlroků 2006 až 2008



Pozn.: nejvyšší zobrazené hodnoty mají pouze přibližný charakter

Příloha 27: Vlastnosti vybraných srážko-odtokových epizod, Zbytinský potok

rok	datum	povodí	Thmax	Th	Hs	Ip	Imax	q0	API30	ET	Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
2006	17.6. 0:10	ZB	20	230	14,6	3,81	1,6	6	18,47	33	30	160	380	130	360	350	220	140	24,7	18,7	4,12	259,29
2006	1.8.13:50	ZB	70	120	4,5	2,25	0,7	7,5	23,9	40	40	140	220	100	150	180	80	70	16,2	8,7	2,16	53,92
2007	5.5. 2:40	ZB	130	910	19,7	1,30	1,2	5,9	1,85	27	80	210	1080	130	950	1000	870	80	25,7	19,8	4,36	1014,43
2007	6.5. 0:50	ZB	210	1010	13,6	0,81	1,0	9,8	20,14	27	170	320	1620	150	1410	1450	1300	110	29,2	19,4	2,98	1413,13
2007	8.5. 3:40	ZB	160	310	4,2	0,81	1,5	8,3	29,31	27	100	260	630	160	470	530	370	100	13,3	5	1,60	95,52
2007	8.5. 17:00	ZB	60	720	8,1	0,68	0,8	7,7	31,35	27	10	530	1250	520	1190	1240	720	470	22,4	14,7	2,91	791,22
2007	9.5. 13:50	ZB	230	890	4,7	0,32	0,3	10	37,2	28	150	430	1210	280	980	1060	780	200	19,9	9,9	1,99	529,62
2007	17.5. 15:10	ZB	60	230	7,5	1,96	1,8	6,2	32,18	29	60	220	870	160	810	810	650	160	15,1	8,9	2,44	208,82
2007	23.6. 10:20	ZB	20	340	12,5	2,21	2,3	3,9	17,86	34	20	330	560	310	540	540	230	310	10	6,1	2,56	119,32
2007	3.7. 19:10	ZB	290	430	12,4	1,73	1,9	3,4	30,91	35	270	390	590	120	300	320	200	100	10,2	6,8	3,00	94,02
2007	5.7. 18:40	ZB	460	610	7,4	0,73	0,9	4,5	41,38	36	410	560	1030	150	570	620	470	100	8,9	4,4	1,98	123,84
2007	19.8. 19:30	ZB	40	240	14,5	3,63	2,4	3,3	33,72	42	40	310	920	270	880	880	610	270	12,1	8,8	3,67	333,83
2007	25.9. 10:50	ZB	40	380	11,8	1,86	0,7	5,7	34,21	47	30	240	790	210	750	760	550	200	21,1	15,4	3,70	340,29
2007	24.10. 7:30	ZB	450	2750	26,2	0,57	0,3	9,6	25,99	52	210	3380	4340	3170	3890	4130	960	2930	52,3	42,7	5,45	4548,4
2008	18.5. 17:50	ZB	700	870	15,6	1,07	0,3	13,3	28,83	29	530	760	1180	230	480	650	420	60	41,7	28,4	3,14	823,31
2008	20.5. 9:50	ZB	400	760	11,3	0,89	0,6	11,8	39,75	29	390	520	1370	130	970	980	850	120	28,5	16,7	2,42	756,46
2008	4.6. 14:00	ZB	270	440	18,5	2,53	1,7	9,3	39,92	31	260	390	840	130	570	580	450	120	95,1	85,8	10,23	1369,36
2008	11.6. 5:50	ZB	70	160	15,3	5,74	4,4	8,9	40,57	32	70	160	800	90	730	730	640	90	113,7	104,8	12,78	910,09
2008	12.7. 16:00	ZB	30	290	16,4	3,39	3,5	6,4	23,24	37	30	150	340	120	310	310	190	120	37,5	31,1	5,86	377,13
2008	29.7. 23:20	ZB	50	190	21,3	6,71	7,3	5,2	26,94	39	50	130	670	80	620	620	540	80	46,9	41,7	9,02	512,29
2008	15.9. 4:40	ZB	1100	1310	42,4	1,94	0,7	5,5	14,77	46	540	1230	1890	690	790	1350	660	130	74,2	68,7	13,49	2851,02
2008	24.9. 18:00	ZB	810	1550	13,4	0,52	0,3	6,2	32,73	47	690	980	4580	290	3770	3890	3600	170	13,3	7,1	2,15	1031,23
2008	30.10. 4:40	ZB	100	360	6,4	3,84	1,6	6	10,39	53	60	220	910	160	810	850	690	120	9,8	3,8	1,63	144,68

Pozn.: barevně jsou odlišeny nezávislé a závislé proměnné, zkratky a použité jednotky jsou vysvětleny v kapitole 8.1, oproti textu se hodnoty u parametru **Imax** vztahují k jednotce mm/10 minut

Příloha 28: Vlastnosti vybraných srážko-odtokových epizod, Tetřivčí potok

rok	datum	povodí	Thmax	Th	Hs	Ip	Imax	q0	API30	ET	Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
2006	17.6. 0:10	TE	20	230	14,6	3,81	1,6	8	18,47	33	30	180	510	150	490	480	330	160	23	15	2,88	237,91
2006	1.8.13:50	TE	70	120	4,5	2,25	0,7	7,8	23,9	40	30	170	320	140	250	290	150	100	11	3,2	1,41	42,39
2007	5.5. 2:40	TE	130	700	18,9	1,62	1,2	4,6	1,85	27	50	380	1350	330	1220	1300	970	250	15,2	10,6	3,30	671,12
2007	6.5. 0:50	TE	210	1010	13,6	0,81	1,0	8,8	20,14	27	130	360	1680	230	1470	1550	1320	150	41,9	33,1	4,76	745,71
2007	8.5. 3:40	TE	160	310	4,2	0,81	1,5	6,6	29,31	27	160	300	800	140	640	640	500	140	9,7	3,1	1,47	98,54
2007	8.5. 17:00	TE	60	720	8,1	0,68	0,8	6,6	31,35	27	30	580	1350	550	1290	1320	770	520	12,9	6,3	1,95	341,5
2007	9.5. 13:50	TE	230	890	4,7	0,32	0,3	9,8	37,2	28	170	620	1190	450	960	1020	570	390	12,3	2,5	1,26	147,5
2007	17.5. 15:10	TE	60	230	7,5	1,96	1,8	5,7	32,18	29	80	280	900	200	840	820	620	220	10,5	4,8	1,84	147,04
2007	23.6. 10:20	TE	20	340	12,5	2,21	2,3	4,3	17,86	34	40	240	690	200	670	650	450	220	12	7,7	2,79	206,88
2007	3.7. 19:10	TE	290	430	12,4	1,73	1,9	3,9	30,91	35	240	370	640	130	350	400	270	80	12,8	8,9	3,28	110,4
2007	5.7. 18:40	TE	460	610	7,4	0,73	0,9	4,8	41,38	36	430	570	920	140	460	490	350	110	9,2	4,4	1,92	128,71
2007	19.8. 19:30	TE	40	240	14,5	3,63	2,4	3,7	33,72	42	40	280	870	240	830	830	590	240	20,7	17	5,59	555,99
2007	25.9. 10:50	TE	40	380	11,8	1,86	0,7	4,6	34,21	47	50	230	810	180	770	760	580	190	16,2	11,6	3,52	257,63
2007	24.10. 7:30	TE	450	2750	26,2	0,57	0,3	6,1	25,99	52	300	3410	4410	3110	3960	4110	1000	2960	33,4	27,3	5,48	2903,73
2008	18.5. 17:50	TE	400	870	18,4	1,27	0,4	12,4	26,97	29	450	830	1470	380	1070	1020	640	430	47,9	35,5	3,86	1441,17
2008	20.5. 9:50	TE	130	760	11,3	0,89	0,6	11,5	40,88	29	390	740	1880	350	1750	1490	1140	610	38,7	27,2	3,37	1827,34
2008	4.6. 14:10	TE	320	450	19,1	2,55	1,9	6,2	33,42	31	250	390	840	140	520	590	450	70	60,1	53,9	9,69	1569,46
2008	11.6. 6:00	TE	70	160	15,6	5,84	6,5	6,5	37,4	32	50	180	740	130	670	690	560	110	44,8	38,3	6,89	869,25
2008	12.7. 16:00	TE	30	290	15,3	3,16	3,1	5	24,3	37	40	150	340	110	310	300	190	120	31,7	26,7	6,34	361,43
2008	29.7. 23:20	TE	50	190	25	7,90	7,1	4,5	27,01	39	60	120	660	60	610	600	540	70	128,6	124,1	28,58	1373,04
2008	15.9. 4:30	TE	800	1310	41,2	1,89	0,7	5,3	15,02	46	500	1290	2290	790	1490	1790	1000	490	66,9	61,6	12,62	3140,72
2008	24.9. 18:00	TE	810	1550	13	0,50	0,3	5,1	31,91	47	710	950	3320	240	2510	2610	2370	140	14,2	9,1	2,78	860,58
2008	30.10. 4:40	TE	100	360	6,4	3,84	1,6	5,2	10,4	53	100	220	930	120	830	830	710	120	10,6	5,4	2,04	175,55

Pozn.: barevně jsou odlišeny nezávislé a závislé proměnné, zkratky a použité jednotky jsou vysvětleny v kapitole 8.1, oproti textu se hodnoty u parametru **Imax** vztahují k jednotce mm/10 minut

Příloha 29: Srovnání povodí podle počtu situací s vyšší hodnotou sledovaného parametru (závisle proměnné).

typ epizody	počet situací		T _{q0}	T _{qmax}	T	T _{qi}	T _c	T _q	T _{qd}	T _{lag}	q _{max}	q _{max-q0}	q _{max/q0}	W
Th<300	10	ZB>TE	2	2	3	3	3	4	3	2	5	5	4	3
		ZB<TE	3	4	3	4	3	3	2	4	2	2	3	2
		ZB≈TE	2	1	1	0	1	0	2	1	0	0	0	2
Th<300;600>	9	ZB>TE	2	3	0	4	1	1	0	4	3	3	1	1
		ZB<TE	4	1	5	2	5	4	5	1	3	3	3	4
		ZB≈TE	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	2	1
Th>600	4	ZB>TE	4	1	3	3	3	4	3	1	5	5	4	6
		ZB<TE	5	9	7	7	7	6	7	9	4	4	4	3
		ZB≈TE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1
Hs<10	7	ZB>TE	1	0	2	3	2	3	3	0	5	5	5	4
		ZB<TE	6	6	5	4	5	3	4	6	1	1	1	1
		ZB≈TE	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2
Hs<10;15>	8	ZB>TE	2	5	2	4	2	2	2	5	2	2	1	4
		ZB<TE	3	3	6	4	6	6	6	3	6	6	6	4
		ZB≈TE	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hs>15	8	ZB>TE	5	1	2	3	3	4	1	2	6	6	3	2
		ZB<TE	3	5	4	5	4	4	4	5	2	2	3	4
		ZB≈TE	0	2	2	0	1	0	3	1	0	0	2	2
Ip<1	8	ZB>TE	1	1	3	4	3	4	3	1	4	4	3	5
		ZB<TE	6	7	5	4	5	4	5	7	3	3	3	1
		ZB≈TE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Ip<1;2>	6	ZB>TE	4	2	0	1	0	0	1	2	4	4	3	3
		ZB<TE	2	3	6	5	6	5	5	3	2	2	2	3
		ZB≈TE	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
Ip>2	9	ZB>TE	3	3	3	5	4	5	2	4	5	5	3	2
		ZB<TE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
		ZB≈TE	2	2	2	0	1	0	3	1	0	0	1	2

typ epizody	počet situací		Tqo	Tqmax	T	Tqi	Tc	Tq	Tqd	Tlag	qmax	qmax-qo	qmax/qo	W
q0<5*	7	ZB>TE	2	5	3	5	3	3	2	5	2	2	1	2
		ZB<TE	4	2	4	2	4	3	4	2	4	3	4	4
		ZB≈TE	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1
q0<5;7>*	10	ZB>TE	3	1	2	5	3	5	3	2	8	8	5	4
		ZB<TE	7	6	6	5	6	5	5	6	2	3	3	3
		ZB≈TE	0	3	2	0	1	0	2	2	0	0	2	3
q0>7*	6	ZB>TE	3	0	1	0	1	1	1	0	3	3	3	4
		ZB<TE	1	6	5	6	5	5	5	6	3	3	3	2
		ZB≈TE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
API30<25*	8	ZB>TE	4	1	0	3	0	2	0	1	5	5	4	4
		ZB<TE	3	5	7	5	7	6	7	5	3	3	4	3
		ZB≈TE	1	2	1	0	1	0	1	2	0	0	0	1
API30<25;32>*	7	ZB>TE	2	3	2	4	2	3	1	3	3	4	2	3
		ZB<TE	5	4	5	3	5	4	5	4	4	3	4	3
		ZB≈TE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
API30>32*	8	ZB>TE	2	2	4	3	5	4	5	3	5	4	3	3
		ZB<TE	4	5	3	5	3	3	2	5	2	3	2	3
		ZB≈TE	2	1	1	0	0	1	1	0	1	1	3	2
ET<30	8	ZB>TE	3	0	1	1	1	1	2	0	5	5	5	5
		ZB<TE	4	8	7	7	7	7	6	8	3	3	3	2
		ZB≈TE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ET<30;40>	7	ZB>TE	4	3	3	4	4	4	2	4	5	5	3	2
		ZB<TE	2	2	2	3	2	3	2	2	1	1	1	2
		ZB≈TE	1	2	2	0	1	0	3	1	1	1	3	3
ET>40	8	ZB>TE	1	3	2	5	2	4	2	3	3	3	1	3
		ZB<TE	6	4	6	3	6	3	6	4	5	5	6	5
		ZB≈TE	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1 a u tabulky 21, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřivčí potok

Příloha 30: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné $q_{\text{MAX}}-q_0$, Zbytinský potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,19	0,09	0,60	0,44	0,35	0,27	0,17	0,01
A	10	0,58	0,47	0,95	0,73	-0,08	-0,02	-0,50	0,49
B	9	0,53	0,03	0,54	0,40	0,37	0,76	0,80	-0,59
C	4	-0,67	0,16	0,57	0,63	-0,81	-0,20	0,97	0,89
Hs<10	7	-0,45	0,38	0,28	-0,41	-0,45	0,47	0,27	-0,56
Hs<10;15>	8	-0,25	-0,03	0,05	0,00	-0,41	0,71	-0,13	-0,46
Hs>15	8	0,03	-0,24	0,09	0,40	0,17	0,07	0,67	0,02
Ip<1	8	0,00	0,83	0,89	-0,05	-0,40	0,48	-0,50	0,50
Ip<1;2>	6	-0,19	0,22	0,06	-0,27	-0,29	0,79	0,06	-0,65
Ip>2	9	0,03	-0,24	0,09	0,40	0,17	0,07	0,67	0,02
q0<5*	7	-0,41	-0,21	0,83	0,80	0,81	0,57	-0,26	0,06
q0<5;7>*	10	0,15	-0,02	0,56	0,55	0,45	0,46	0,38	-0,09
q0>7*	6	0,70	0,39	0,92	-0,01	0,03	0,52	-0,19	-0,47
API30<25*	8	0,89	0,70	0,95	-0,19	-0,16	-0,06	-0,01	0,15
API30<25;32>*	7	-0,07	0,37	0,88	0,50	0,40	0,32	-0,86	0,42
API30>32*	8	-0,15	-0,40	0,73	0,72	0,71	0,39	0,49	-0,23
ET<30	8	0,70	0,70	0,84	0,04	-0,53	0,52	-0,34	0,20
ET<30;40>	7	-0,11	-0,25	0,57	0,57	0,41	0,80	0,56	-0,54
ET>40	8	0,69	0,53	0,98	-0,35	-0,42	0,32	-0,36	0,00

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřívčí potok

Příloha 31: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné $q_{MAX}-q_0$, Tetřívčí potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,11	0,02	0,69	0,63	0,62	-0,02	-0,03	0,09
A	10	0,39	0,26	0,84	0,66	-0,02	0,18	-0,38	0,31
B	9	0,19	-0,09	0,86	0,79	0,77	-0,24	0,38	-0,21
C	4	-0,06	0,71	0,92	0,61	-0,57	-0,85	0,76	0,96
Hs<10	7	-0,26	0,04	0,87	0,31	0,37	-0,65	-0,27	0,22
Hs<10;15>	8	-0,19	0,22	0,06	-0,27	-0,29	0,79	0,06	-0,65
Hs>15	8	-0,03	-0,29	0,36	0,73	0,59	-0,21	0,29	0,21
Ip<1	8	-0,08	0,47	0,71	0,40	-0,15	0,41	-0,46	0,17
Ip<1;2>	6	0,94	0,94	0,93	-0,14	-0,65	0,35	-0,29	0,43
Ip>2	9	0,19	-0,09	0,86	0,79	0,77	-0,24	0,38	-0,21
q0<5*	7	-0,31	-0,57	0,83	0,96	0,96	0,11	0,00	0,16
q0<5;7>*	10	0,40	0,15	0,84	0,31	0,22	-0,04	-0,07	0,12
q0>7*	6	0,52	0,57	0,86	-0,22	0,04	0,59	-0,11	-0,58
API30<25*	8	0,87	0,84	0,88	-0,36	-0,22	0,02	0,11	0,09
API30<25;32>*	7	-0,35	-0,24	0,69	0,95	0,89	-0,10	-0,57	0,17
API30>32*	8	0,03	-0,25	0,90	0,54	0,50	0,09	-0,11	-0,18
ET<30	8	0,60	0,61	0,69	0,03	-0,41	0,69	-0,08	0,30
ET<30;40>	7	-0,19	-0,28	0,88	0,84	0,78	-0,19	0,08	0,15
ET>40	8	0,56	0,35	0,98	-0,20	-0,23	0,29	-0,35	-0,21

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřívčí potok

Příloha 32: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné T_{LAG} , Zbytinský potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,11	0,76	0,29	-0,23	-0,20	0,17	-0,02	0,41
A	10	-0,06	0,88	0,28	-0,28	-0,36	0,12	-0,01	0,60
B	9	-0,29	0,34	0,00	-0,40	-0,23	-0,72	-0,13	-0,04
C	4	-0,86	-0,17	0,34	0,63	-0,73	-0,01	0,94	0,70
Hs<10	7	-0,30	0,57	0,55	-0,37	-0,26	0,26	0,18	-0,43
Hs<10;15>	8	-0,40	-0,36	0,13	0,42	0,53	-0,56	-0,16	0,40
Hs>15	8	0,11	0,88	0,20	-0,42	-0,35	0,22	0,02	0,72
Ip<1	8	0,13	0,88	0,85	-0,24	-0,41	0,18	-0,35	0,70
Ip<1;2>	6	-0,36	-0,48	-0,15	0,82	0,12	-0,46	0,45	0,64
Ip>2	9	-0,29	0,34	0,00	-0,40	-0,23	-0,72	-0,13	-0,04
q0<5*	7	-0,55	-0,47	-0,29	-0,03	-0,20	-0,45	0,08	0,36
q0<5;7>*	10	0,11	0,83	0,29	-0,39	-0,40	0,50	-0,06	0,43
q0>7*	6	-0,37	0,21	-0,33	-0,16	0,06	-0,23	0,35	-0,40
API30<25	8	-0,11	-0,17	0,00	0,08	0,39	-0,63	0,13	-0,05
API30<25;32>*	7	0,09	0,87	0,65	-0,27	-0,29	0,25	-0,57	0,65
API30>32*	8	-0,55	-0,08	-0,11	-0,07	-0,20	-0,46	-0,77	0,50
ET<30	8	-0,47	-0,06	-0,40	-0,29	-0,10	-0,27	0,30	-0,28
ET<30;40>	7	-0,28	0,16	0,02	-0,24	-0,15	-0,37	-0,48	-0,33
ET>40	8	0,01	0,82	0,25	-0,50	-0,39	0,84	0,07	0,47

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřivčí potok

Příloha 33: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné T_{LAG} , Tetřívčí potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,25	0,82	0,35	-0,30	-0,28	0,11	0,00	0,34
A	10	0,05	0,86	0,36	-0,20	-0,42	-0,06	-0,01	0,57
B	9	-0,51	0,03	-0,24	-0,36	-0,31	-0,40	-0,13	0,06
C	4	-0,96	-0,75	-0,26	0,36	-0,38	0,40	0,56	0,09
Hs<10	7	-0,24	0,71	0,33	-0,51	-0,44	0,44	0,32	-0,57
Hs<10;15>	8	-0,25	0,00	-0,47	-0,18	-0,25	0,67	0,54	-0,33
Hs>15	8	0,38	0,95	0,27	-0,50	-0,45	0,04	0,00	0,73
Ip<1	8	0,11	0,86	0,85	-0,19	-0,45	-0,09	-0,27	0,65
Ip<1;2>	6	0,74	0,86	0,78	-0,30	-0,74	0,58	-0,37	0,14
Ip>2	9	-0,51	0,03	-0,24	-0,36	-0,31	-0,40	-0,13	0,06
q0<5*	7	-0,51	0,18	-0,09	-0,34	-0,46	-0,13	-0,51	-0,12
q0<5;7>*	10	0,23	0,85	0,40	-0,39	-0,36	0,16	-0,09	0,45
q0>7*	6	0,42	0,52	0,16	-0,54	-0,58	0,88	0,87	-0,54
API30<25*	8	0,89	0,78	0,95	-0,34	-0,36	-0,36	-0,34	0,14
API30<25;32>*	7	0,19	0,87	0,54	-0,29	-0,34	0,06	-0,55	0,60
API30>32*	8	-0,24	0,61	-0,38	-0,48	-0,45	0,81	0,39	-0,32
ET<30	8	0,03	0,35	0,07	-0,29	-0,69	0,55	0,51	0,44
ET<30;40>	7	-0,44	-0,06	-0,27	-0,23	-0,23	0,03	-0,59	-0,21
ET>40	8	0,16	0,85	0,39	-0,51	-0,42	0,68	0,00	0,46

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřívčí potok

Příloha 34: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné **W**, Zbytinský potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,53	0,87	0,72	-0,23	-0,24	0,31	-0,13	0,35
A	10	0,31	0,90	0,75	0,22	-0,25	0,01	-0,36	0,73
B	9	0,77	0,34	0,62	0,20	0,23	0,67	0,81	-0,54
C	4	-0,82	-0,06	0,38	0,58	-0,81	-0,02	0,95	0,77
Hs<10	7	-0,19	0,75	0,39	-0,48	-0,46	0,45	0,28	-0,48
Hs<10;15>	8	0,55	0,82	0,08	-0,67	-0,66	0,71	0,04	-0,21
Hs>15	8	0,53	0,94	0,63	-0,55	-0,56	0,10	-0,10	0,80
Ip<1	8	0,21	0,94	0,95	-0,19	-0,47	0,29	-0,51	0,71
Ip<1;2>	6	0,84	0,91	0,98	0,09	-0,48	0,04	-0,58	0,40
Ip>2	9	0,77	0,34	0,62	0,20	0,23	0,67	0,81	-0,54
q0<5*	7	-0,31	0,54	0,77	0,13	0,11	0,70	-0,74	-0,41
q0<5;7>*	10	0,58	0,88	0,77	-0,31	-0,45	0,34	-0,12	0,52
q0>7*	6	0,44	0,86	0,51	-0,61	-0,13	0,57	0,02	-0,81
API30<25	8	0,93	0,94	0,90	-0,52	-0,46	0,13	-0,22	0,03
API30<25;32>*	7	0,26	0,93	0,73	-0,26	-0,31	0,34	-0,55	0,73
API30>32*	8	0,11	0,01	0,71	0,34	0,29	0,67	0,50	-0,38
ET<30	8	0,21	0,87	0,73	-0,21	-0,39	0,23	-0,48	-0,28
ET<30;40>	7	0,04	-0,03	0,63	0,39	0,28	0,77	0,56	-0,59
ET>40	8	0,54	0,91	0,74	-0,63	-0,58	0,76	-0,17	0,31

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřivčí potok

Příloha 35: Srovnání korelačních koeficientů ve vybraných srážko-odtokových situacích vzhledem k proměnné **W**, Tetřívčí potok

typ situace	počet situací	Thmax	Th	Hs	Ip	lmax	q0	API30	ET
VŠE	23	0,56	0,67	0,85	-0,01	-0,05	0,17	-0,07	0,29
A	10	0,45	0,65	0,87	0,44	-0,30	0,00	-0,26	0,64
B	9	0,63	0,24	0,83	0,50	0,57	-0,18	0,64	-0,39
C	4	-0,70	0,14	0,50	0,54	-0,87	-0,33	0,94	0,88
Hs<10	7	-0,21	0,56	0,70	-0,18	-0,06	-0,14	0,04	-0,22
Hs<10;15>	8	0,22	0,50	-0,37	-0,52	-0,56	0,75	0,57	-0,28
Hs>15	8	0,89	0,77	0,85	-0,38	-0,46	0,04	-0,03	0,77
Ip<1	8	0,18	0,81	0,91	0,06	-0,49	0,14	-0,21	0,63
Ip<1;2>	6	0,93	0,96	0,96	-0,08	-0,60	0,27	-0,42	0,38
Ip>2	9	0,63	0,24	0,83	0,50	0,57	-0,18	0,64	-0,39
q0<5*	7	-0,45	-0,41	0,95	0,90	0,85	0,09	-0,28	0,00
q0<5;7>*	10	0,69	0,74	0,94	-0,19	-0,28	-0,07	-0,23	0,49
q0>7*	6	0,45	0,51	0,58	-0,38	-0,30	0,85	0,45	-0,50
API30<25*	8	0,98	0,86	0,95	-0,36	-0,42	-0,16	-0,17	0,23
API30<25;32>*	7	0,28	0,78	0,87	0,10	-0,03	0,20	-0,78	0,70
API30>32*	8	0,01	0,12	0,65	0,16	0,13	0,49	0,18	-0,32
ET<30	8	0,40	0,47	0,63	0,05	-0,50	0,71	0,09	0,50
ET<30;40>	7	0,03	-0,09	0,83	0,62	0,61	-0,03	0,27	-0,29
ET>40	8	0,65	0,77	0,93	-0,51	-0,49	0,64	-0,28	0,11

Pozn.: vysvětlivky jsou uvedeny v kapitole 8.1, * znamená hodnoty platné u povodí Tetřívčí potok

